COMMONWEALTH INST.
ENTOMOLOGY LIBRARY
16 SEP 1953
SERIAL Em.375B
EXD.

HÖFCHEN-BRIEFE

»Bayer« PFLANZENSCHUTZ-NACHRICHTEN

5
1952/4

VERÖFFENTLICHUNGEN DER »Bayer«-PFLANZENSCHUTZ-ABTEILUNG
LEVERKUSEN UND HÖFCHEN

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Gerhard Schrader:
   Die Entwicklung systemischer Insektizide auf Grundlage organischer Phosphorverbindungen . . . 161
2. Heinz Kröber:
   Beiträge zur Biologie der Kern- und Steinobstmonilia 171
3. Walter Rieck:
   Die Wirkung von „Castrix"-Giftkörnern auf Wild . . 217

Nachdruck gestattet

FARBENFABRIKEN BAYER
Verkauf Pflanzenschutz
LEVERKUSEN

Die Entwicklung systemischer Insektizide auf Grundlage organischer Phosphorverbindungen

Von Gerhard Schrader,
Pflanzenschutzlaboratorium der Farbenfabriken Bayer, Wuppertal-Elberfeld

Bei allgemeinen Arbeiten über synthetisch herstellbare Insektizide wurden im Jahre 1935 von G. Schrader auch Derivate des β-Fluoräthylalkohols in den Kreis der Untersuchungen gezogen. Als Ergebnis dieser Arbeiten wurden bestimmte Ester des β-Fluoräthylalkohols als aktive Substanzen mit starker kontaktinsektizider Wirkung erkannt[1]. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die neuen Ester:

Tabelle 1

Zusammensetzung	Kp.	Abtötung als Spray bei Blattläusen	
		Konz.	Abtötung
$(F \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot O)_2SO$	108°/17 mm	0,1%	100%
$(F \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot O)_2CO$	89—90°/14 mm	0,1%	100%

Bei der weiteren Durchforschung des angefangenen Gebietes wurden von G. Schrader auch Kondensationsprodukte von Aldehyden mit β-Fluoräthylalkohol und seinen Derivaten hergestellt. Diese leicht zugänglichen Acetale zeichneten sich durch starke kontaktinsektizide Wirkungen aus. Überraschenderweise findet sich bei diesen Acetalen aber auch noch ein neuartiger Effekt. Wie G. Schrader zusammen mit seinem Mitarbeiter H. Kükenthal zeigen konnte[2], durchdringen die Acetale des β-Fluoräthylalkohols die im Wachstum befindlichen jungen Pflanzen und halten sich mehrere Wochen unverändert in den Systemen der mit diesen Mitteln gespritzten oder begossenen Pflanzen! Damit war die systemische Wirkung bestimmter organischer Fluorverbindungen entdeckt! In der Tabelle 2 werden die neuen systemischen Insektizide aufgeführt:

[1] G. Schrader: „Die Entwicklung neuer Insektizide auf Grundlage organischer Fluor- und Phosphor-Verbindungen"; Monographie Nr. 62, Verlag Chemie, Weinheim (1951).

[2] BIOS Final Report Nr. 1095, 30 (1947).

Tabelle 2

Zusammensetzung	Kp.	Abtötung als Spray bei Blattläusen	
		Konz.	Abtötung
$CH_2(O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot F)_2$	43°/11 mm	0,1%	100%
$CH_2(O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot F)_2$	120°/3 mm	0,1%	100%

Leider erwiesen sich die Methylale des β-Fluoräthylalkohols später gegen Warmblüter so toxisch, daß von einer praktischen Verwendung dieser interessanten Stoffe im Pflanzenschutz abgesehen werden mußte.

Bei der weiteren Bearbeitung organischer Fluorverbindungen wurden neben anderen auch die Fluoride organischer Phosphorverbindungen hergestellt. Da dieses Arbeitsgebiet sich sehr bald als ein aussichtsreiches chemisches Neuland erwies, wurde diese Arbeitsrichtung von 1936 an intensiv verfolgt. Unter den ca. 2000 neuentwickelten Stoffen[3], die in den Jahren 1936 bis 1945 hergestellt wurden, konnte im Jahre 1941 eine Verbindung synthetisiert werden, die sich neben guten kontaktinsektiziden Eigenschaften durch eine ausgesprochene systemische Wirkung auszeichnete. Es handelt sich um das Präparat[4] 13/28, das Fluor-phosphorsäure-di-dimethylamid:

Tabelle 3

Zusammensetzung	Kp.	Wasserlöslichkeit	Wirkung als Spray bei Blattläusen	
			Konz.	Abtötung
$(CH_3)_2N$, $(CH_3)_2N$, $P(=O)-F$	67°/4 mm	wasserunlöslich	0,05%	100%
13/28				

Die systemische Wirkung des Fluor-phosphorsäure-di-dimethylamids wurde von G. Schrader zusammen mit seinem biologischen Mitarbeiter H. Kükenthal[5] beobachtet. Leider zeigte sich beim längeren Studium, daß auch das Präparat 13/28 derart giftig gegen Warmblüter ist, daß von einer praktischen Verwendung im Pflanzenschutz abgesehen werden mußte.

Es ergab sich die Frage, ob die Anwesenheit von Fluor im Molekül des Fluor-phosphorsäure-di-dimethylamids zum Hervorbringen der systemischen

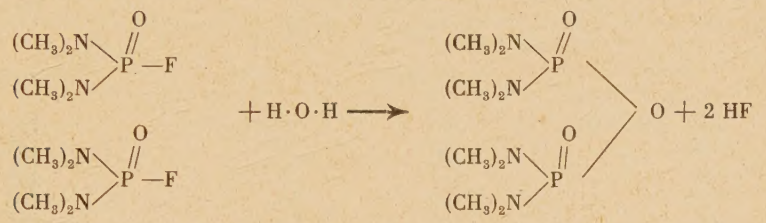
[3] Zur Kenntnis neuer Insektizide auf Grundlage organischer Phosphorverbindungen; Ztschr. f. angew. Entomol. 33, 329 (1951).

[4] BIOS Final Report Nr. 1095, 46 (1947).

[5] G. Schrader; Monographie 62, 20, Verlag Chemie, Weinheim (1951).

Wirkung notwendig war. Zur Klärung dieser interessanten Fragestellung wurde das Präparat 13/28 einer gründlichen chemischen Bearbeitung unterzogen. Sehr schnell stellte sich heraus, daß bei einer Verdoppelung des Moleküls unter gleichzeitiger Anhydrisierung ein Stoff gewonnen werden konnte, der neben einer guten kontaktinsektiziden Wirkung eine beachtliche systemische Wirkung aufwies:

Tabelle 4

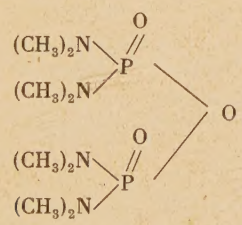
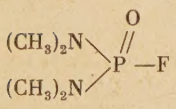


13/163

Die neue im Jahre 1941 unter der internen Bezeichnung 13/163 bekanntgewordene Verbindung (Octa-methylpyrophosphorsäureamid; „OMPA") wurde von G. Schrader hergestellt. Den systemischen Effekt beobachteten G. Schrader und H. Kükenthal[6].

Mit dem Erkennen der systemischen Wirkung von „OMPA" war es erwiesen, daß zum Aufbau organischer Phosphorverbindungen mit systemischer Wirkung die Anwesenheit von Fluor im Molekül nicht erforderlich ist. Die Freude über die guten systemischen Eigenschaften von „OMPA" wurde aber getrübt, als die toxischen Werte vorlagen. Aus der Tabelle 5 geht hervor, daß „OMPA" die gleichen toxischen Wirkungen entfaltet, wie das fluorhaltige Präparat 13/28:

Tabelle 5

Zusammensetzung		Toxischer Wert Ratte per os
„OMPA"		2 mg/kg tot 1 mg/kg tot 0,5 mg/kg starke Symptome
13/28		2 mg/kg tot 1 mg/kg tot 0,5 mg/kg tot 0,3 mg/kg Symptome

[6] G. Schrader: Monographie 62, 36, Verlag Chemie, Weinheim (1951). BIOS Final Report Nr. 1095, 46 (1947).

Die in der Tabelle 5 angeführten Werte sind von dem pharmakologischen Mitarbeiter des Verfassers, W. Wirth, an chemisch reinen Präparaten ermittelt. Zur Verwendung kamen nüchterne männliche Ratten im Gewicht von 200 bis 250 g.

Da in der Literatur die physikalischen Daten der Präparate „OMPA" und 13/28 nicht eindeutig beschrieben sind, seien in der Tabelle 5a die Siedepunkte der reinen Stoffe bei verschiedenen Drucken angegeben[7].

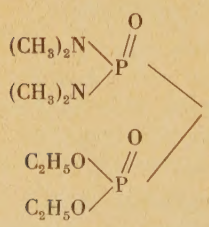
Tabelle 5a

„OMPA"		13/28	
Druck	Temperatur	Druck	Temperatur
0,02 mm Hg	66°	0,4 mm Hg	30°
0,05 „	74°	1,0 „	43°
0,1 „	87°	1,5 „	49°
0,15 „	94°	2,0 „	55°
0,2 „	98°	2,5 „	60°
0,45 „	110°	3,0 „	63°
0,6 „	116°	4,0 „	67°
1,0 „	126°	5,0 „	70°
1,5 „	136°	10,0 „	80°
2,0 „	142°	18,0 „	92°

Wegen der starken toxischen Wirkung konnte man sich in Deutschland nicht entschließen, das neue Präparat „OMPA" für den Handel freizugeben. Nach dem zweiten Weltkriege wurde von englischer Seite das Octamethylpyrophosphorsäureamid zunächst unter der Bezeichnung „Pestox 3", später unter dem Namen „Schradan" von der Pest Control Ltd. Cambridge als systemisches Insektizid in den Handel gebracht.

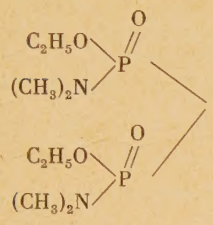
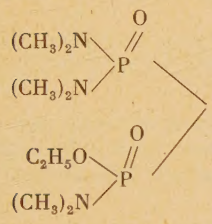
Da mit dem Auffinden von „OMPA" die Richtung gegeben war, in der Präparate mit systemischer Wirkung zu suchen waren, setzten vom Jahre 1941 ab umfangreiche Arbeiten ein, um einen Stoff zu finden, der bei guter systemischer Wirksamkeit eine verringerte toxische Wirkung gegen Warmblüter zeigte. Als Ergebnis dieser Arbeit sei die Tabelle 6 angeführt:

Tabelle 6

Zusammensetzung	Kp.	Wasserlöslichkeit	Wirkung als Spray bei Blattläusen	
			Konz.	Abtötung
	147°/2 mm	begrenzt	0,05%	100%

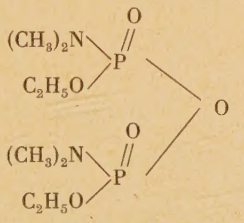
[7] Für die Ermittlung der Siedepunkte dankt der Verfasser seinem Mitarbeiter R. Mühlmann.

Fortsetzung von Tabelle 6

Zusammensetzung	Kp.	Wasserlöslichkeit	Wirkung als Spray bei Blattläusen Konz.	Abtötung
	135°/2 mm	begrenzt	0,05% 0,02%	95—100% 80%
	145°/3 mm	wasserlöslich	0,05%	100%

Diese neuen Verbindungen, die auf der einen Seite dem Pyrophosphorsäuretetraäthylester (TEPP), auf der anderen Seite dem Octamethylpyrophosphorsäureamid (OMPA) entsprechen, zeigen eine deutliche systemische Wirkung. Das am meisten interessierende Präparat 15/8 wurde längere Zeit geprüft, da die toxischen Werte gegenüber Warmblütern günstiger lagen.

Tabelle 7

Zusammensetzung		Toxischer Wert Ratte per os
15/8		5 mg/kg tot 3 mg/kg tot 2 mg/kg Symptome 1 mg/kg keine Symptome

Auch die Werte der Tabelle 7 stammen von W. Wirth. Sie wurden an nüchternen männlichen Ratten ermittelt.

Da die Siedepunkte von 15/8 unter verschiedenen Drucken in der Literatur bisher noch nicht angegeben sind, seien mit der Tabelle 7a diese Daten zur Charakterisierung des Präparates genannt[8]:

[8] Der Mitarbeiter des Verfassers, R. Mühlmann, stellte die chemisch reine Substanz 15/8 her und ermittelte auch die Siedepunkte.

Tabelle 7a

Präparat 15/8

0,08 mm Hg	78°
0,12 „	83°
0,2 „	93°
0,45 „	105°
1,2 „	124°
1,6 „	128°
2,0 „	135°

Schließlich kam aber auch das Präparat 15/8 als Handelsprodukt nicht mehr in Frage, da sich die Entwicklung wirksamerer systemischer Insektizide abzeichnete.

Bei den Arbeiten über organische Phosphorverbindungen wurden von G. Schrader auch solche Ester der Dialkylthiophosphorsäuren in den Kreis der Untersuchungen gezogen, die sich von Glycoläthern ableiten. Die Tabelle 8 gibt einen Überblick über diese Arbeitsrichtung.

Tabelle 8

Zusammensetzung	Kp.	Wirkung als Spray bei Blattläusen		Toxizität
		Konz.	Abtötung	Maus subcutan
$(C_2H_5O)_2P(O)-CH_2\cdot CH_2\cdot OCH_3$	2/103°	0,2%	80%	100mg/kg o.B.
$(C_2H_5O)_2P(O)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OC_2H_5$	1/109°	0,2%	100%	50 mg/kg tot
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OCH_3$	15/130°	0,2%	100%	500 mg/kg tot
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OC_2H_5$	2/110°	0,2%	80%	1000mg/kg tot
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OC_4H_9$	0,5/149°	0,2%	50%	500 mg/kg tot

Die geringe kontaktinsektizide Wirkung der in der Tabelle 8 aufgeführten Verbindungen ermunterte nicht sehr zum Weiterarbeiten auf dem begonnenen Gebiete. Trotzdem wurden auch die entsprechenden Schwefelverbindungen, die Ester der Dialkylthiophosphorsäuren mit Thioglycoläthern hergestellt und untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß gerade in dieser neuen Verbindungsklasse außergewöhnlich wirksame Kontaktinsektizide mit systemischer Wirkung zu erhalten waren. Die Tabelle 9 gibt einen Überblick über die insektiziden und toxischen Eigenschaften der hergestellten[9] neuen Thiophosphorsäureester.

Tabelle 9

Zusammensetzung	Kp.	Wirkung als Spray bei Blattläusen		Toxizität
		Konz.	Abtötung	Maus subcutan
$(CH_3O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SCH_3$	2/108°	0,005%	100%	200 mg/kg
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SCH_3$	2/119°	0,005%	100%	25 mg/kg
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2CH_2\cdot SC_2H_5$	1,2/128°	0,001%	100%	25 mg/kg
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SC_3H_7$	(n) 2/139°	0,005%	100%	50 mg/kg
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SC_4H_9$	(n) 3/161°	0,001%	100%	25 mg/kg
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SC_5H_{11}$	(n) 2/147°	0,005%	100%	50 mg/kg

Als eine der wertvollsten Verbindungen der Tabelle 9 stellte sich schließlich der Diäthylthiophosphorsäureester des Äthylthioglycoläthers heraus:

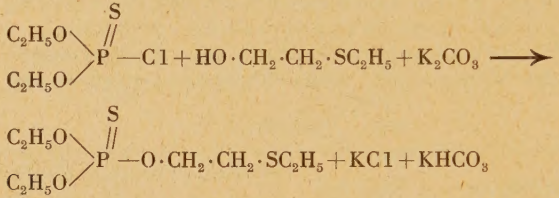
$(C_2H_5O)_2P(S)-O\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot SC_2H_5$ Kp. 1,2 mm 128°

Dieser neue, unter der internen Nummer E 1059 und der Handelsbezeichnung „Systox" bekanntgewordene Ester wird aus wäßrigen Lösungen begierig von den Wurzeln und Blättern lebender Pflanzen aufgenommen. Er entfaltet

[9] G. Schrader: DBP 836 349, AP 2 571 989.

damit eine typisch systemische Wirkung, die in diesem Ausmaße bisher noch nicht von einer Phosphorverbindung beobachtet wurde.

Die aktive Substanz „Systox" läßt sich leicht aus dem Diäthylthiophosphorsäurechlorid und dem Äthylthioglycoläther in Gegenwart eines Säurebindemittels herstellen[10]:



Die Verwendung[11] der neuen Stoffklasse wurde unter Patentschutz gestellt.

Der Wirkstoff „Systox" ist ein leicht bewegliches Öl. Während im reinsten Zustande „Systox" angenehm esterartig riecht, weisen die technischen Produkte einen charakteristischen, an ungesättigte organische Schwefelverbindungen erinnernden Geruch auf. „Systox" ist in Wasser bei Zimmertemperatur nur wenig löslich. Das Handelsprodukt enthält daher einen wirksamen Emulgator, der das Präparat in Wasser fein verteilt. Der Dampfdruck[12] der Wirksubstanz „Systox" beträgt bei 20° 14 mg/m³.

Besondere Verdienste um die Aufklärung des Wirkungsmechanismus von „Systox" an Pflanzen, die mit Schädlingen befallen sind, hat sich G. Unterstenhöfer erworben.

„Systox" durchdringt die noch im Wachstum befindlichen Pflanzen und hält sich in den Systemen der Pflanzen 3—4 Wochen unverändert. Während dieser Zeit sind die Pflanzen vor saugenden Insekten geschützt. Da „Systox" auf nicht saugende Insekten praktisch keine Wirkung ausübt, sind nützliche Insekten, wie z. B. die natürlichen Feinde der Blattläuse, die Marienkäfer, aber auch Bienen durch „Systox" nicht gefährdet.

Eine besondere Anwendung hat „Systox" bereits zur Vertilgung von Blattläusen aller Art und zur Abtötung der verschiedensten Arten der Roten Spinne gefunden!

In der Tabelle 10 sind die toxischen Werte von „Systox" im Vergleich mit „E 605" und „OMPA" angegeben[13]:

Tabelle 10

	Toxischer Wert Ratte per os
„Systox"	7,5 mg/kg
„E 605"	6,4 mg/kg
„OMPA"	1,0 mg/kg

[10] DBP 836 349, AP 2 571 989.

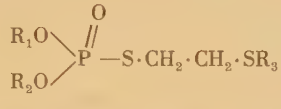
[11] DBP 850 677, Franz. P. 998 052, Argent. P. 78 639, Sp. P. 194 511, Belg. P. 498 167.

[12] Nähere Einzelheiten über die physikalischen Daten von „Systox", über genaue Herstellungsweisen usw. finden sich in der zweiten Auflage der Monographie 62: Die Entwicklung neuer Insektizide auf Grundlage organischer Fluor- und Phosphor-Verbindungen. Verlag Chemie, Weinheim (1952).

[13] Die Werte der Tabelle 10 entstammen den Untersuchungen von W. Wirth und G. Hecht. Vgl. auch: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. 211, 215 (1950).

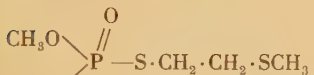
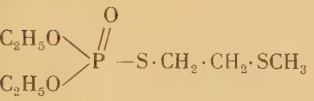
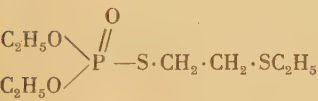
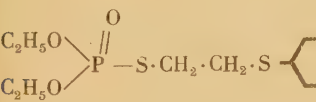
Wie die Tabelle 10 zeigt, besitzt „Systox“ gegenüber den bisher erwähnten systemischen Insektiziden eine verminderte toxische Wirkung gegen Warmblüter. Da auf der anderen Seite die Anwendungskonzentrationen von „Systox“ teilweise nur $^1/_{10}$ der von dem in der obigen Tabelle genannten Stoffe beträgt, liegt mit dem Auffinden von „Systox“ wohl ein gewisser Abschluß auf dem Gebiete der organischen Phosphorverbindungen mit systemischer Wirkung vor.

Es konnte beim weiteren Durcharbeiten der Synthesen zur Herstellung von „Systox“ festgestellt werden, daß auch die entsprechenden Thiolphosphorsäureester folgender Konstitution:



sich durch eine schnell einsetzende und lange anhaltende systemische Wirkung auszeichnen. Die Tabelle 11 bringt eine Übersicht über die den „Systox“-Präparaten isomeren Verbindungen[14].

Tabelle 11

Zusammensetzung	Kp.	Wirkung als Spray bei Blattläusen		Toxizität
		Konz.	Abtötung	Maus subc.
	0,07/83°	0,001%	100%	100 mg/kg
	4/135—140°	0,0005%	100%	2,5 mg/kg
	1/128°	0,0005%	100%	10 mg/kg
	—	0,05%	100%	500 mg/kg

Die Darstellung[15] und Verwendung[16] der neuen Stoffklasse wurde unter Patentschutz gestellt.

Angeregt durch die mit „Systox“ und dem isomeren „Systox“ erzielten Erfolge, wurden von G. Schrader und Mitarbeitern auch die entsprechenden

[14] Über Einzelheiten dieser interessanten Stoffklasse vgl. Fußnote 11, Seite 168.

[15] DBP 830 508 v. 24. 5. 1950, DBP 818 352 v. 8. 5. 1949, DBP 830 509 v. 24. 5. 1950.

[16] DBP 850 677 v. 10. 10. 1949. Franz. P. 998 052. Argent. P. 78 639 v. 15. 1. 1951.

Selenverbindungen hergestellt und untersucht. Die Tabelle 12 gibt einen Überblick über diese neuartigen Verbindungen.

Tabelle 12

Zusammensetzung	Kp.	Wirkung als Spray bei Blattläusen		Toxizität
		Konz.	Abtötung	Maus subcutan
$(C_2H_5O)_2P(O)—Se·CH_2·CH_2·SCH_3$	3/152°	0,05 1/2	100%	5 mg/kg
		0,005%	100%	
$(C_2H_5O)_2P(O)—Se·CH_2·CH_2·SC_2H_5$	2/153°	0,2%	100%	10 mg/kg
		0,05%	100%	
		0,005%	100%	
		0,0005%	100%	

Die Herstellung der neuen Selenverbindungen wurde geschützt [17].

Die in der Tabelle 12 aufgeführten Selenverbindungen entfalten eine hervorragende systemische Wirkung. Wenn auch zur Zeit die Verwendung [18] dieser Selenverbindungen im Pflanzenschutz noch auf Schwierigkeiten stößt, so hat doch die Beschäftigung mit dieser Materie so viele chemische Zusammenhänge aufgedeckt, daß diese gewonnenen Erkenntnisse sich nutzbringend zur Entwicklung neuer Stoffe mit systemischer Wirkung auswirken werden.

Zusammenfassung

1. Beim Durcharbeiten bestimmter Derivate des β-Fluoräthylalkohols wurden die Methylale dieses Alkohols als Träger systemischer Eigenschaften erkannt.
2. Aus der großen Zahl der hergestellten Fluorphosphorverbindungen wurde als erstes Präparat mit systemischen Eigenschaften das Fluorphosphorsäure-di-dimethylamid gefunden.
3. Die Anwesenheit von Fluor in organischen Phosphorverbindungen ist zum Hervorbringen einer systemischen Wirkung nicht erforderlich. Die Synthese und der Wirkungsmechanismus von Octamethylpyrophosphorsäureamid („OMPA") belegen diese Tatsache eindeutig.
4. Die bisher wirksamsten systemischen Insektizide wurden durch Verestern von Thioglycoläthern mit Dialkylthiophosphorsäuren erhalten. Die neuen Stoffe zeichnen sich bei erträglicher toxischer Wirkung gegen Warmblüter durch eine Anwendungskonzentration aus, die teilweise nur $^1/_{10}$ der bisher bekannten Präparate beträgt. Auch die entsprechenden Thiol-phosphorsäureester sind wirksame systemische Insektizide.
5. Ester der Thioglycoläther mit bestimmten Selenolphosphorsäuren zeigen ebenfalls eine starke systemische Wirkung.

[17] DBP. 824 046 vom 7. 9. 1949.

[18] DBP. 830 262 vom 11. 10. 1949.

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. H. Braun.

Beiträge zur Biologie der Kern- und Steinobstmonilia

Von Heinz Kröber

INHALTSÜBERSICHT

A. Einleitung 171

B. Bemerkungen zur Systematik der Moniliaarten und Ausgangsmaterial 173

C. Untersuchungen der Erreger in vitro 174

I. Allgemeines 174

II. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von der Temperatur 175

1. Methodisches 175

2. Die Entwicklung des Myzels 176

3. Die Entwicklung der Konidien 180

4. Die Entwicklung der Sklerotien 182

III. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit 184

1. Methodisches 184

2. Die Entwicklung des Myzels 185

3. Die Entwicklung der Konidien 186

4. Die Entwicklung der Sklerotien 187

IV. Das Verhalten der Konidien in Abhängigkeit vom Licht 188

1. Methodisches 188

2. Ergebnisse 189

V. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von Chemikalien 190

1. Die Entwicklung des Myzels 190

2. Die Entwicklung der Sklerotien 198

D. Untersuchungen der Erreger auf dem Wirt 202

I. Allgemeines 202

II. Verhalten während der Vegetationszeit und Überwinterung 202

1. Entwicklung von Fäulen und Sporenpusteln 202

2. Unterschiedliches Verhalten der Konidien beider Moniliaarten 203

3. Sklerotienbildung 205

4. Überwinterung des Myzels 205

III. Verhalten nach der Überwinterung und Infektion 206

1. Zeitlich verschiedene Konidienbildung der beiden Moniliaarten im Frühjahr 206

2. Befallsresistenz oder Ausbreitungsresistenz bei Infektionen 209

E. Zusammenfassung 213

Literaturverzeichnis 215

A. Einleitung

Die Erreger der Obstmonilien, seit Person 1796, Ehrenberg 1818 und Bonorden 1851 bekannt (Aderhold und Ruhland 1905), seit etwa 60 Jahren experimentell wissenschaftlich bearbeitet, haben zufolge des massierteren und hochwertigeren Obstanbaues, insbesondere bei Blüten- und Frucht-

fäule, eine immer größere wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Trotz der vielseitigen Bearbeitung, sei es mit rein theoretischem Ziel an dem oft spezifisch geeigneten Versuchsobjekt, sei es mit dem Ziel, die Obstparasiten wirkungsvoll bekämpfen und ausschalten zu können, weisen die Kenntnisse über die Biologie der Monilien noch erhebliche Lücken auf. In keiner Weise ist z. B. der Fragenkomplex der Überwinterung der beiden Moniliaarten geklärt, der als Ursache des verschiedenen Verhaltens bei der Neuinfektion der Blüten im Frühjahr angesehen wird (Sorauer 1899, Istvanffy 1904, Ewert 1910, 1912, Bucksteeg 1940, Wenzl 1948). Einige Forschungsergebnisse, z. B. über die Frostwirkung auf Konidien und Myzel (Istvanffy 1904, Ames 1915, Bucksteeg 1940), über die Resistenz bei Blüteninfektionen (Mittmann-Maier 1940, Denham und Wormald 1942, Kotte 1948), über die Reaktion der Erreger gegenüber bestimmten Temperaturen (Molz 1907), über die Bildung der Apothezien (Read 1908, Ezekiel 1921, Eriksson 1928) sind entgegengesetzt oder widersprechen sich.

Im Hinblick auf die Bedeutung der Moniliaschäden schien es deshalb dringend erwünscht, unsere Kenntnisse über die Biologie ihrer Erreger zu klären und zu erweitern. Nach den bisherigen Ergebnissen war anzunehmen, daß verschiedene ökologische Faktoren die Beziehungen zwischen Erreger und Wirt stark beeinflussen. Es wurde daher eine erste Arbeitshypothese aufgestellt, die auf Untersuchungen der Beeinflussung der Erreger in vitro durch die natürlichen, jahreszeitlich bedingten Witterungsfaktoren ausgerichtet war. In vitro deshalb, weil sich Ursache und Wirkung einzelner oder weniger Faktoren leichter übersehen lassen. Soweit an den Erregern auf den Wirtsorganen ähnliche Reaktionstendenzen wie in vitro beobachtet werden konnten, waren von den Ergebnissen in vitro entsprechend zuverlässige Schlüsse auf das Verhalten der Pilze im Freiland abzuleiten. Andere Ergebnisse konnten lediglich als Charakteristikum bzw. als typische Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Organismen unter den bestimmten Verhältnissen gewertet werden.

Neben den ökologischen Faktoren beeinflußt der Chemismus der Nährböden die verschiedenen Organe der Erreger erheblich. Gäumann (1951) wies nach, daß der Nährstoffgehalt des Wirtsgewebes höchstens an der unteren Grenze für die Ausbreitungsresistenz eine Rolle spielt, darüber hinaus aber für die Entwicklung kaum von Bedeutung ist. Die untere Grenze an Kernnährstoffen ist wohl bei sämtlichen Wirtsorganen der Monilien überschritten, also der Kernnährstoffgehalt praktisch von geringer Bedeutung. Wichtig können jedoch die kleinsten Schwankungen im Gehalt an Spurenelementen, Vitaminen, Enzymen und Toxinen sein, wenn die Erreger auf diese Stoffe überhaupt mehr oder weniger stark reagieren, eine Frage, die zu prüfen war. Die Beachtung der Spurenelemente gewinnt auch insofern an Bedeutung, als manche von ihnen, insbesondere einige Schwermetalle, bei der laufenden Schädlingsbekämpfung auf den Wirtspflanzen angereichert und ständig ausgewaschen werden. Somit findet eine fortwährende quantitative Veränderung im Entwicklungsbereich der Erreger statt, deren Auswirkung auf diese noch wenig bekannt ist.

Auf die Fragestellungen der einzelnen Probleme sei an dieser Stelle nicht mehr eingegangen, da bei ihrer Vielfalt der klare Überblick leiden würde, vielmehr ist jeweils im Text darauf hingewiesen.

B. Bemerkungen zur Systematik der Moniliaarten und Ausgangsmaterial

Bei den Moniliaarten handelt es sich neben der Quittenmonilia, *Sclerotinia linhartiana* Prill. et Delacr., die ich in meine Untersuchungen nicht einbezogen habe, um *Sclerotinia fructigena* (Pers.) Schroet. und *Sclerotinia laxa* (Ehrenb.) Aderh. und Ruhl. In Amerika, Australien und Neuseeland (Weaver 1947, Wenzl 1948) ist eine weitere Art gefunden worden, *Sclerotinia fructicola* (Wint.) Rehm., die nach Wormald (1927) in Europa unbekannt sein soll. Sie ist bisher nur einmal in Holland von importierten Äpfeln isoliert worden. Wormald warnt vor weiterer Einschleppung und empfiehlt deshalb, keine Versuche mit dieser Art hier anzustellen, die der Verbreitung Vorschub leisten könnten. Morphologisch unterscheidet sie sich nach Wormald (1927) und Walker (1950) insbesondere von *Scl. laxa* kaum, und die unterschiedliche Wuchsform soll wegen der Streubreite der Erscheinungen und Mutationsmöglichkeiten ebenfalls kaum als Unterscheidungsmerkmal herangezogen werden können. *Scl. fructicola* führt ähnlich wie *Scl. laxa* besonders zu Blüteninfektionen, weniger zu Fruchtinfektionen wie *Scl. fructigena*. Weiter läßt erhöhte Fruktifikationsfreudigkeit (Wenzl 1948) auf das Vorhandensein von *Scl. fructicola* schließen. Bei den von mir mit umfangreichem Material durchgeführten Versuchen und den Beobachtungen im Freiland ist eine solche leicht Apothezien bildende Art nicht festgestellt worden.

In der deutschen Literatur findet sich außerdem die Bezeichnung „*Scl. cinerea* (Bon.) Schroet." für eine selbständige Art. Mittmann-Maier (1940) behielten bei ihren Veröffentlichungen bewußt diese Bezeichnung für die „Steinobstform" bei, weil sie sich eingebürgert habe. Auch Staehelin (1947) und Gäumann (1951) haben den Begriff bis in die jüngste Zeit beibehalten. Letzterer hat an den Arten *Scl. cinerea* und *Scl. laxa* den Begriff des heterogenen Wirtsspektrums in quantitativer Beziehung erklärt. Nach eingehenden Untersuchungen von Harrison (1933) und Wenzl (1948) läßt sich aber die Unterscheidung der beiden Arten nicht mehr vertreten. Sie haben vorgeschlagen, die beiden Bezeichnungen in den bereits weitverbreiteten Namen *Scl. laxa* (Ehrenb.) Aderh. und Ruhland aufgehen zu lassen. Ich habe deshalb in meiner Arbeit lediglich zwischen den beiden Arten *Scl. fructigena*, der sog. Kernobstform, und *Scl. laxa*, der sog. Steinobstform, unterschieden.

Das Ausgangsmaterial der beiden *Sclerotinia*-Arten für meine Untersuchungen bildeten Mumien und Pusteln von Zweigen. Von den aus diesen isolierten *Sclerotinia-fructigena*-Stämmen stammten

AI aus Krefeld von Konidien auf einer Apfelmumie,
AII aus Bonn von Konidien auf einer Apfelmumie,
AIII aus Bonn von einem Apothezium auf einer Apfelmumie,
Q aus Bonn von Konidien auf einer Quittenmumie.

Von den *Sclerotinia-laxa*-Stämmen stammten

PI aus Krefeld von Konidien auf einer Pfirsichmumie,
PIII aus Freiburg von Konidien auf einer Pfirsichmumie,
Pf aus Roisdorf von Pusteln eines Pflaumenzweiges,
PIV aus Bonn von Konidien auf einer Pflaumenmumie.

Jeder Stamm wurde aus Einsporkulturen gezogen und über Früchte weitergeimpft, bei Bedarf auch in Schrägröhrchen auf Agarnährboden übertragen. Die Bestimmung beider Arten geschah vorläufig nach den Angaben verschiedener Autoren (Killian 1921, Katser 1933, Mittmann 1938, Wenzl 1948). Dabei wurde zunächst festgestellt, daß morphologische Merkmale sich je nach den Verhältnissen stark verschieben können und auch bei der Entwicklung in vitro die Schwankungen innerhalb der Stämme einer und derselben Art größer sind als die von einer Art zur anderen. Bei wiederholten Prüfungen auf verschiedenen Nährböden stellten sich dann aber doch die bekannten Unterschiede in abgestuften Tendenzen heraus, besonders in Form und Farbe der Konidienpolster und im Entwicklungsrhythmus der Kulturen. Zudem zeigten sich bei den Versuchen einige weitere charakteristische physiologische Merkmale, die die beiden Arten klar trennten. Darauf wird später zurückzukommen sein.

Morphologische Unterschiede zwischen den Stämmen innerhalb jeder der beiden Arten waren nicht erkennbar; physiologisch zeigten sich Abweichungen von auffälliger Regelmäßigkeit.

Stamm AI und AII unterschieden sich kaum voneinander, Q und AIII ebenfalls wenig; aber letztere zeichneten sich ersteren gegenüber durch geringere Wachstumsintensität bei Optimaltemperaturen, häufig unregelmäßige gelappte Zonierung der Kulturen, häufigere schwarze Farbstoffbildung und schnelle und stärkere Sklerotienbildung in vitro aus. Die *laxa*-Stämme erwiesen sich untereinander gleichmäßiger. Die Unterschiede der Stämme konnten nicht überraschen, da Thind und Keitt (1949) an der nahe verwandten Art *Scl. fructicola* festgestellt hatten, daß, ähnlich wie bei *Neurospora* (Gäumann 1949) und bei *Gibberella* (Ullstrup 1935), die Einsporkulturen aller 8 isolierten Askosporen eines Askus genetisch verschieden ausfielen. Aus jedem Askus konnten 4 Biotypen gezogen werden.

C. Untersuchungen der Erreger in vitro

I. Allgemeines

Trotz der nahen Verwandtschaft der beiden Moniliaarten, *Scl. fructigena* und *Scl. laxa*, zeigen beide in der Praxis in Verbindung mit ihren Wirtspflanzen oft ein unterschiedliches Verhalten. Diese Unterschiede können sowohl durch innere als auch durch äußere Verhältnisse bedingt sein. Eine Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten läßt sich auf Grund der Veränderungen der Pilze unter dem Einfluß variierter Faktoren treffen. Abgestufte Unterschiede je nach der Intensität der Einwirkungen, die sich bei den Untersuchungsobjekten zeigen, sind als Reaktionen auf diese Einwirkungen zu deuten; anderenfalls müssen innere Faktoren für das Verhalten verantwortlich gemacht werden. Von Bedeutung ist ferner die Art der äußeren Faktoren in ihren Beziehungen zu ihren mehr oder weniger abgestuften spezifischen Reaktionen. Im allgemeinen wurden von mir beide Moniliaarten vergleichend untersucht. Auf diese Weise ließen sich leichter Relationen der verschiedenen Reaktionen feststellen als beim Vergleich absoluter Werte für jeden einzelnen Organismus. Absolute Werte beider Arten bei bestimmten Umweltsverhältnissen sind bereits veröffentlicht worden.

Sie sind meist von verschiedenen Autoren zu verschiedenen Zeiten mit verschiedenen Stämmen und verschiedenen Methoden gewonnen, so daß derartige Daten kaum klare Relationen zwischen beiden Arten erkennen lassen. Allenfalls sind auf diese Weise extreme Unterschiede nachweisbar, aber nicht solche im Bereich geringer Abweichungen.

Einen wesentlichen Faktor, dem die Pilze im Freiland ausgesetzt sind, stellt die Temperatur dar. Sämtliche Organe der Pilze leben unter den jeweiligen unterschiedlichsten Temperaturverhältnissen; daher wurden alle, Myzel, Konidien und Sklerotien, für verschiedene Dauer verschiedenen konstanten und variierten Temperaturen ausgesetzt.

II. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von der Temperatur

1. Methodisches

Die Untersuchungen wurden bei verschiedenen konstanten und wechselnden Temperaturen vorgenommen. Konstante Temperaturen oberhalb der Außentemperaturen erhielt ich in Thermostaten, unterhalb der Außentempe-

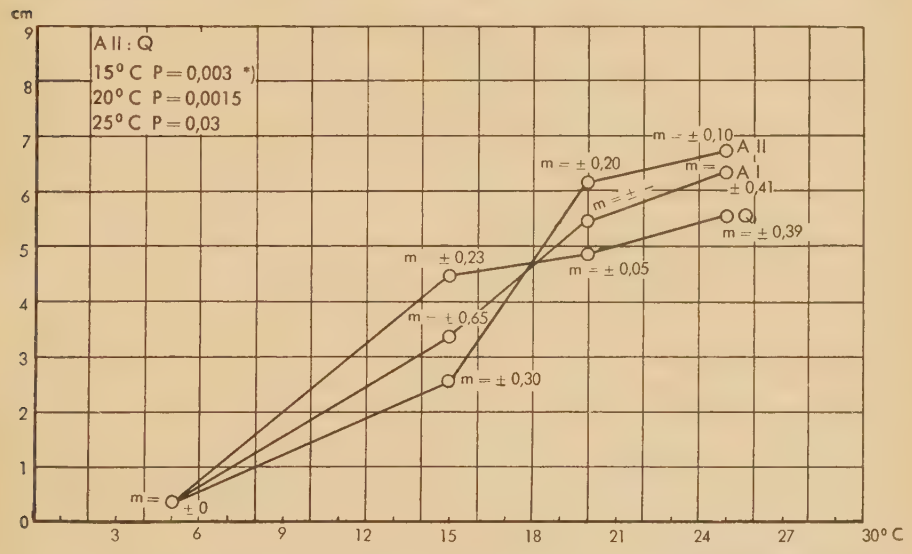


Abb. 1. Wachstum der 3 *Scl.-fructigena*-Stämme bei verschiedenen Temperaturen auf Kirschsaftagar; Durchmesser der Kolonien in cm nach 9 Tagen Entwicklung.

*) Erläuterungen zur Berechnung der Tabelle: m = mittlerer Fehler bei der Mittelwertberechnung von je 3 Kulturen. P-Wert als Faktor zur Beurteilung der statistischen Sicherung von 2 Messungsreihen unter Berücksichtigung der Differenz der Mittelwerte der Messungsreihen sowie der dazugehörigen Fehler; außerdem unter Beachtung der Anzahl der Versuche:

P-Wert aus Tabelle von Pätau (1943) entnommen; Formel: $P = \left\{ = \sqrt{\frac{\bar{x} - X}{m_1^2 + m_2^2}} \right.$ (n − 1)

Pätau: Zur statistischen Beurteilung von Messungsreihen, Biol. Zentr. 63, 1943, 152.

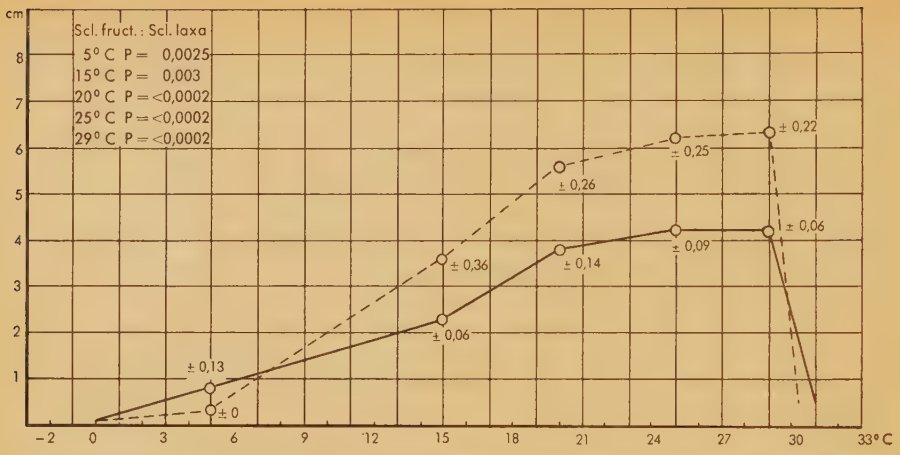


Abb. 2. Wachstum von je 3 Stämmen beider Moniliaarten im Durchschnitt bei verschiedenen Temperaturen auf Kirschsaftagar; Durchmesser der Kolonien in cm nach 9 Tagen Entwicklung.
— — — — = *Scl. fructigena* ———— = *Scl. laxa*

raturen in Kühl- und Eisschränken. Die Temperaturschwankungen an einem bestimmten Standort waren in den Thermostaten minimal, in den Kühl- und Eisschränken 1—2° C. Die zu untersuchenden Kulturen wuchsen auf Nährböden in Petrischalen oder in Schrägröhrchen. Zur Ermittlung der Wachstumsintensität der Kulturen in Petrischalen wurden in zeitlichen Abständen mit Tusche Ringe auf die Glasfläche um die gewachsenen Kulturen gezogen, zur Auswertung der Flächeninhalt der jeweiligen Kreise mittels Planimeter festgestellt und daraus der Durchmesser errechnet. Durch diese Methode konnten viele Fehlerquellen ausgeschaltet werden, die bei der arithmetischen Berechnung des Durchmessers aus vielen festgestellten Durchmessern auftreten.

2. Die Entwicklung des Myzels

Der Wachstumsbereich der Kulturen von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* ist teilweise aus der Literatur bekannt. Ames (1915) stellte bei *Scl. fructigena* eine Entwicklung zwischen 3° und 30° C, Katser (1933) ein Temperaturoptimum bei 22—25° C fest. *Scl. laxa* entwickelte sich nach Calavan und Keitt (1949) noch bei 4° und 32° C, aber nicht mehr bei 37° C. Das Temperaturoptimum, gemessen an der größten Ausbreitungsintensität, fanden sie bei 28° C.

Das Ziel meiner Untersuchungen war, die unterschiedliche Entwicklung beider Arten bei verschiedenen Temperaturstufen festzustellen. Abb. 1 läßt zunächst die Entwicklungsunterschiede von drei *fructigena*-Stämmen bei Anzucht auf Kirschsaftagar (3,5 % Kirschsaft) erkennen, Abb. 2 diejenigen vom Durchschnitt der drei Stämme beider Arten.

Scl. laxa stellte ihr Wachstum zwischen 0 bis —1° C schätzungsweise einige zehntel Grad tiefer, zwischen 30/31° schätzungsweise einige zehntel Grad höher als *Scl. fructigena* ein. Im Bereich von 5—10° C bis 30—31° C lag die Wachstumsintensität der *fructigena*-Kulturen weit über der der *laxa*-Kulturen.

Entgegen den bisherigen Veröffentlichungen zeigten beide *Sclerotinia*-Arten unter 3—4° C noch geringen Zuwachs, über 30—31° C keinen mehr. Die täglichen Zuwachsraten der einzelnen Stämme blieben bei jeder Temperaturstufe etwa gleich. Wenn M o l z (1907) eine Sporenbildung auf Früchten durch Temperaturen von 28—33° C begünstigt fand, so ist dies nach meinen Beobachtungen unerklärlich.

Eine weitere Versuchsreihe sollte die Frage prüfen, in welcher Weise ein Wechsel der Temperatur während der Beobachtungsdauer die Entwicklungsgeschwindigkeit beeinflußt, insbesondere, ob ein vorausgegangenes Wachstum unter Optimaltemperaturen sich auf die Entwicklungsgeschwindigkeit bei anschließenden niedrigen Temperaturen auswirkt. Das Ergebnis gibt Tab. 1 wieder. Während auf Kirschsaftagar eine Wärmevorbehandlung die nachfolgende Entwicklung beschleunigte, war dieser Effekt auf Bierwürzeagar (40 % Bierwürze) nicht festzustellen, vielmehr entsprachen hier die täglichen Zuwachsraten stets der jeweiligen Temperaturstufe, ohne meßbaren Einfluß der vorangegangenen. Ohne zunächst das Ausmaß der Stimulationswirkung beurteilen zu können, kann aus den Beobachtungen geschlossen werden, daß bestimmten Ernährungs- und Temperatureinflüssen gegenüber zumindest die Vitalität beider Moniliaarten nachhaltig labil ist. Für die Richtigkeit dieser Deutung sprechen auch folgende

Tabelle 1: Wachstumsstimulation der Kulturen durch Optimaltemperaturen in Kirschsaftagar-Nährboden; keine Stimulation in Bierwürzeagar-Nährboden. Durchschnittl. täglicher Zuwachs der Kulturen in mm während der aufeinanderfolgenden Temperaturen:

	bei 25° C (2 Tage)	5° C (72 Tage)		
Scl. laxa	→	→ 0,66	P = 0,04	in Kirschsaftagar
	→ 6,9 →	→ 0,75		
Scl. fructigena	→	→ 0,50	P = 0,0025	
	→ 7,8 →	→ 0,89		

	bei 25° C (3 Tage)	1—3° C (60 Tage	25° C (5 Tage)	
Scl. laxa	→	→ 0,44	→ 4,5	in Bierwürzeagar
	→ 5,0 →	→ 0,40	→ 4,3	
Scl. fructigena	→	→ 0,33	→ 6,0	
	→ 5,7 →	→ 0,31	→ 6,0	

Beobachtungen: Zwischen 30—31° C hörte die Entwicklung beider Arten, wie erwähnt, auf. Frisch übertragene Myzelstücke trieben gar nicht aus; bei Optimaltemperaturen vorgetriebene wuchsen noch zwei Tage minimal weiter, um dann erst zum Stillstand zu kommen. Die frisch übertragenen Myzelstücke auf Nährboden waren bei Aufenthalt in diesen Temperaturen bereits nach 12 Tagen abgestorben, während die vorgetriebenen Kulturen nach 15 Tagen noch lebten. Erst nach 25 Tagen Aufenthalt bei 30—31° C waren auch diese Kulturen tot. Eine „Kräftigung" der Kulturen bei optimalen Ernährungs- und Temperaturverhältnissen hatte also wiederum die Vitalität der Pilze nachhaltig verändert. Es werden später noch weitere äußere Faktoren herausgestellt werden, die sich auf die Pilze stimulierend auswirkten.

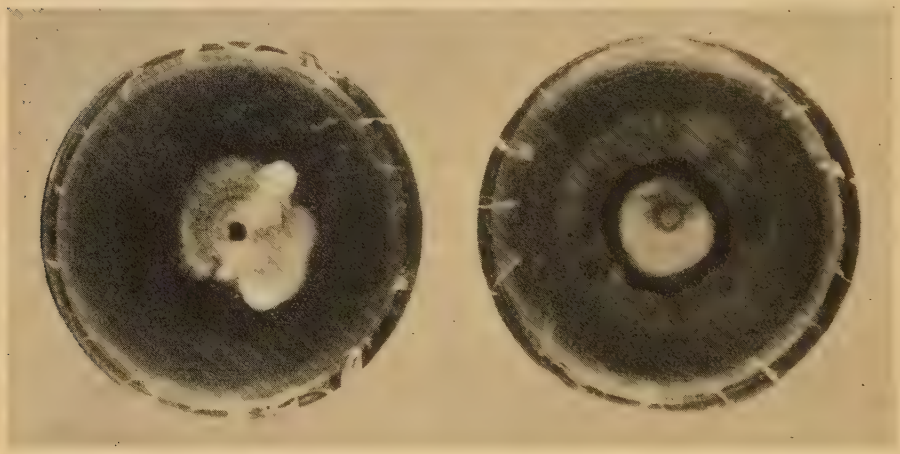


Abb. 3. Schwarzfärbung von *Scl. fructigena*-Kulturen auf Kirschsaftagar durch Schockwirkung niedriger Temperaturen. Links: nach sofortigem Einstellen der Kulturen nach der Übertragung in 5° C, rechts: nach Überführung der Schalen nach 2tägigem Vortreiben der Kultur bei 25° C in 5° C.

Die Beobachtung der Farbstoffbildung ergab für beide Arten auf Kirschsaftagar allgemein kaum eine Verfärbung von Myzel und Nährboden. Lediglich bei *Scl. laxa* bildete sich an der Übertragungsstelle eine kleine dunkle Zone. Schwarzfärbung ließ sich dagegen bei *Scl. fructigena* auf Kirschsaftagar als Fleck im Zentrum oder lokal als Ring um die Kulturen hervorrufen, wenn diese von Optimaltemperaturen in niedrige Temperaturen (+ 5° C) übergeführt wurden (Abb. 3). *Sclerotinia-laxa*-Kulturen blieben unbeeinflußt.

Schwarzfärbung der Kulturen war ohne sonstige Einflüsse auf manchen Nährböden sehr häufig, z. B. auf Bierwürze- und Malzagar, auf anderen Nährböden bei gleichbleibenden Temperaturen sehr gering oder trat gar nicht ein, z. B. auf Kirschsaft-, Apfelbrei- und Glukoseagar und auf Agar mit den Hauptnährstoffen einschließlich Asche der Bierwürze. Diese Beobachtungen verdienen vielleicht Beachtung im Zusammenhang mit der sporadisch auftretenden Schwarzfäule auf Früchten. Sorauer (1899), Woronin (1900), Molz (1907), Wormald (1946) haben Luftzutritt, Derbheit der Kutikula, Lichtabschluß als auslösende Faktoren vermutet, aber teils auch widerlegt oder in Zweifel gezogen. Auf Grund der Farbstoffbildungen in vitro fragt es sich, ob die Schwarzfärbung

nicht durch den Chemismus des Nährbodens sowie durch das Zusammenwirken mit bestimmten Temperaturschocks ausgelöst wird.

Über die Frostwirkung auf das Myzel finden sich in der Literatur widersprechende Angaben. Während Ames (1915) in Freilandversuchen beobachtete, daß *Scl. fructigena* Kältegrade von —27° C überlebte, stellte Bucksteeg (1940) eine erhebliche Empfindlichkeit des Myzels gegenüber Frost fest. Nach seinen Angaben waren auf Malzagar drei Tage alte Kulturen bereits nach neunstündiger Einwirkung von —5—6° C abgestorben. Zur Klärung dieses Widerspruches setzte ich entsprechende Versuche an. Als Nährboden diente Glukoseagar (2 %), auf dem nach meinen Erfahrungen mit Sicherheit nicht mit Vorhandensein von Sporen auf den 2—3 Tage alten Versuchskulturen zu rechnen ist. Mit Bierwürzeagarnährboden wurde lediglich ein Vorversuch angelegt, der in der Tendenz dieselbe Wirkung zeigte wie der Versuch mit Glukoseagar. Drei Tage alte Kulturen beider Arten wurden einer Temperatur von —18° C, einige Male ansteigend bis —8° C, 4—15 Tage lang ausgesetzt. Nachdem sie anschließend bei 0° C langsam zum Auftauen gebracht worden waren, wurden von ihnen Abimpfungen auf Bierwürzeagar vorgenommen und diese sowie die Stammkulturen bei Optimaltemperaturen weiter beobachtet. Von den Abimpfungen ging nur ein mehr oder weniger großer Prozentsatz an, wie Tabelle 2 veranschaulicht.

Tabelle 2: Lebensfähigkeit von Kulturen nach 4- bis 15täg. Frosteinwirkung von —8 bis —18° C in Glukoseagar:

	Stammkultur	davon Übertragungen auf frischen Nährboden (Substratmycel)		
		Übertragungen	lebend	rel.
Scl. laxa-Kulturen	lebend	32	28	88 %
Scl. fructigena-Kulturen	lebend	30	11	37 %

Bezirke der Kulturen müssen demnach erfroren gewesen sein, da die Abimpfungen von verschiedenen Sektoren der Ausgangskultur stammten. Eine Tendenz, ob Außen- oder Innenbezirke stärker betroffen waren, war nicht ersichtlich. *Scl. laxa* zeigte sich frostresistenter als *Scl. fructigena*. Wenn Bucksteeg seine gesamten Myzelkulturen als durch den Frost abgetötet ansah, weil die Abimpfungen nicht mehr angingen, so ist dieser Schluß wahrscheinlich voreilig, wenn er auch mit Malzagar als Nährboden arbeitete; denn in meinen Versuchen zeigte sich, daß nach dem Auftauen sämtliche Stammkulturen sich weiterentwickelten.

Die Abimpfungen beider Arten wurden im Wachstum weiter beobachtet und mit dem Wachstum nicht eingefrorener gewesener Kulturen verglichen (Abb. 4). Die Entwicklung war nur sehr wenig gehemmt. Erst 15 Tage Einwirkung von starkem Frost hatte eine anfängliche Depression bei *Scl. laxa*, geringer bei *Scl. fructigena*, zur Folge. Bereits nach kurzer Zeit erhielt die tägliche Zuwachsrate wieder ihre normale Größe.

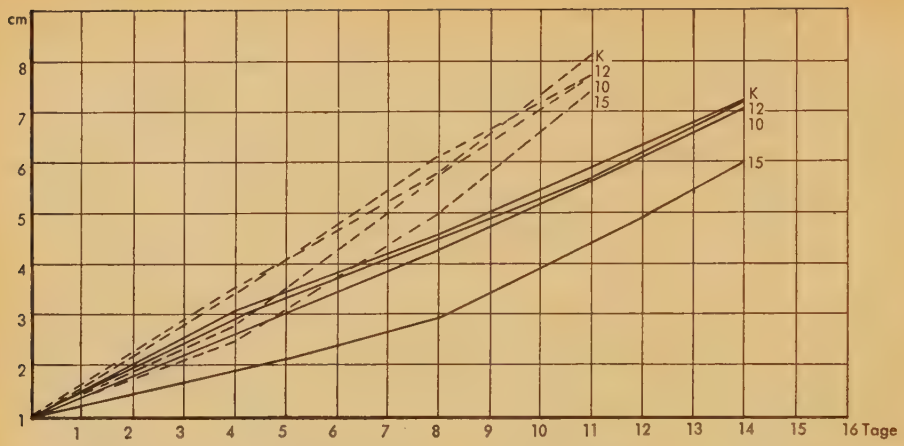


Abb. 4. Wachstum von *Scl. laxa*-Kulturen (————) und *Scl. fructigena*-Kulturen (— — —) die 10, 12 und 15 Tage Temperaturen von —8 bis —18°C ausgesetzt waren nach Abimpfungen auf frische Agarplatten. Durchmesser der Kulturen in cm nach Tagen Wachstum bei 25°C. K — unbehandelte Kulturen.

Anders kam die Wachstumsdepression des Myzels bei den Stammkulturen zum Ausdruck, d. h. bei den Kulturen beider Arten, die auf Glukoseagarplatten dem Frost ausgesetzt waren und auf diesem Nährboden verblieben. Nach vier und sechs Tagen Frosteinwirkung von nur — 8° bis — 9° C lebten zwar wiederum sämtliche Kulturen, aber die täglichen Zuwachsraten waren nach dem Auftauen auf denselben Platten sehr gering und erreichten erst nach längerer Erholungszeit ihren normalen Umfang wieder. Das Myzel von *Scl. laxa* hatte wiederum einen stärkeren Schock erhalten als *Scl. fructigena;* bei beiden Arten war er abgestuft nach der Dauer des Frostes. Die verschiedene Auswirkung der Kältegrade auf die Weiterentwicklung des Myzels beider Arten nach dem Auftauen wechselt also damit, ob Kulturteile nach der Einwirkung auf frischen Agar abgeimpft wurden oder die Kulturen auf dem Nährboden verblieben. Es ist möglich, daß unter der Frosteinwirkung gebildete Hemmstoffe in und um die betroffenen Kulturen in großer Menge stark wirken, während die mit den Impfstücken in frischen Nährboden übertragenen Hemmstoffe an Menge und daher an Wirksamkeit nur gering sind.

3. Die Entwicklung der Konidien

Die Keimung der Konidien beginnt bei einer Temperatur, die wenig unter dem Wachstumsminimum des Myzels liegt. Bei beiden Moniliaarten wurde die Mindestkeimtemperatur bei etwa — 1 bis — 3° C in ungefrorenem Kirschsaftagar festgestellt. *Laxa*-Konidien keimten in dem genannten Bereich bereits bei etwas niedrigerer Temperatur als die *fructigena*-Konidien. Die Keimung fand an der unteren Temperaturgrenze erst nach mehreren Tagen statt, während sie bei Optimaltemperaturen bereits nach 1½ Std. festgestellt wurde.

Auch über die Einwirkung von Frost auf Monilia-Konidien finden sich in der Literatur ähnlich widersprechende Angaben wie hinsichtlich des Myzels. Istvanffy (1904) stellte nach starkem Frost und langsamem Auftauen binnen sechs Tagen eine 70%ige Abtötung der *fructigena*-Konidien fest. Ein halbes Jahr aufbewahrte Sporen waren noch zu 15 % keimfähig, aber auch diese wurden bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt abgetötet. In Versuchen von

E w e r t zeigten nach künstlicher Einwirkung von Kälte (dreimal —18 bis —20° C) *laxa*-Konidien keine Schädigung, während *fructigena*-Konidien nicht mehr auskeimten. Im Frühjahr vertrugen allerdings auch neugebildete *fructigena*-Konidien starken Frost ohne Schaden.

Die Auffassung über die Frostempfindlichkeit der *fructigena*-Sporen findet sich bis in die jüngste Zeit hinein in Lehr- und Handbüchern (S o r a u e r 1928, F a e s - S t a e h e l i n - B o r n y 1948, B r a u n - R i e h m 1950).

B u c k s t e e g (1940) gelangte dagegen zu anderen Erkenntnissen. Konidien aller Pusteln beider Moniliaarten waren nach sechs Wochen Frost von —14 bis —18° C noch keimfähig und infektionstüchtig, wenn auch die „Virulenz" etwas nachgelassen hatte.

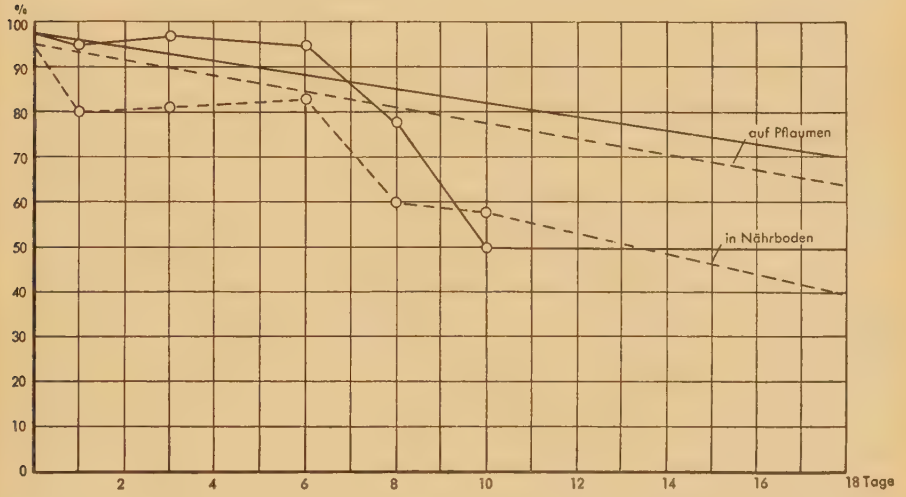


Abb. 5. Keimfähigkeit in Prozenten von *S. laxa*- (————) und *S. fructigena*-Sporen (— — —) nach Einwirkung von —8 bis —18° C mehrere Tage lang.

Zur Klärung der Widersprüche und genaueren graduellen Erfassung der Frosteinwirkung auf Konidien wurden entsprechende Versuche angesetzt. Frischgebildete Sporen beider Moniliaarten mit vorher festgestellter durchschnittlicher Keimfähigkeit von 95—97 % wurden in Agarnährböden sowie in Pusteln auf Mumien bei —18° C (schwankend bis —8° C) eingefroren. In verschiedenen Zeitabständen wurden Sporen entnommen und auf ihre Keimfähigkeit hin geprüft. Mit zunehmender Einwirkungsdauer der niedrigen Temperaturen zeigte sich eine Verminderung der Keimfähigkeit. Die Ergebnisse sind in Abb. 5 wiedergegeben. Da nach S t i l l e (1950) bei Mikroorganismen ein rasches Auftauen nach Frost schädigender ist als der Frost selbst, wurden die Konidien vor der Keimprüfung ca. 8 Std. bei —1° C gelagert.

Zur Klärung, ob der Frost Ursache der verminderten Keimfähigkeit war, mußte ein Parallelversuch angelegt werden, der die jeweilige Verminderung der Keimfähigkeit durch begrenzte Lebensfähigkeit der Konidien bei 100 % Feuchtigkeit ohne Frosteinwirkung festzustellen hatte. Die Sporen konnten bei 100 % Feuchtigkeit allerdings lediglich bei einer Temperatur unter dem Keim-

minimum aufbewahrt werden, also bei —4° C. Der Agarnährboden war bei dieser Temperatur noch nicht gefroren und eine Frostschädigung der Sporen deshalb nicht anzunehmen. Das Ergebnis zeigte bereits nach 20 Tagen eine starke Verminderung der Keimfähigkeit der *fructigena*-Sporen (vergl. Tab. 5), also eine geringe Lebensdauer (wie E w e r t 1912, W e n z l 1948), während *laxa*-Sporen nach 20 Tagen kaum an Keimfähigkeit eingebüßt hatten. Der Vergleich des Abfalls der Keimfähigkeit der Sporen beider Arten, bedingt durch die Lebensfähigkeit und bedingt durch die Frostwirkung, zeigte, daß letztere sich stärker schädigend ausgewirkt hat. Die Konidien waren prozentual zwar niemals vollkommen abgetötet worden, aber zunehmend nach der Dauer der Einwirkung der Kältegrade, wie aus Abb. 6 ersichtlich ist:

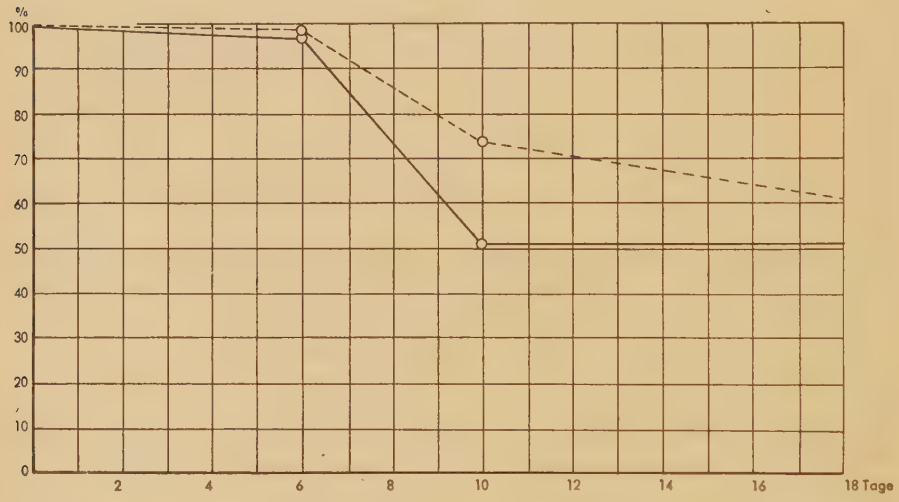


Abb. 6. Keimfähigkeit in Prozenten von *Scl. laxa*- (————) und *Scl. fructigena*-Sporen (— —) nach Kälteeinwirkung von —8 bis —18° C in Glukosenährboden nach Tagen.
Natürliche Keimfähigkeit, bedingt durch die jeweilige Lebensfähigkeit nach Tagen, gleich 100 % gesetzt.

Keinesfalls zeigten sich die *fructigena*-Sporen kälteempfindlicher als die *laxa*-Sporen. Es scheint eher, als wenn diese in ihrer Keimfähigkeit durch Frost stärker beeinträchtigt werden.

4. Die Entwicklung der Sklerotien

In den Kulturen beider Moniliaarten bilden sich in gewissen Nährböden (s. S. 199) in vitro dunkle Dauerkörper in mehr oder weniger großer Anzahl. Die beiden Arten unterscheiden sich insofern, als die Sklerotienbildung bei *Scl. fructigena* regelmäßig eintritt und regelmäßig nach einem gewissen relativen Alter, d. h. Zeit nach der Übertragung. Bei *Scl. laxa* kommt es nur unregelmäßig zur Sklerotienbildung und in großen zeitlichen Schwankungen erst nach höherem relativem Alter. Um den Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Sklerotienbildung in vitro zu prüfen, wurden Kulturen von *Scl. fructigena* beobachtet, die mit Sicherheit und regelmäßig in Bierwürzeagar Sklerotien bilden. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Bildung der Sklerotien von *Scl. fructigena* nach Tagen in Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturen:

°C	in Bierwürzeagar-Nährboden	auf Äpfeln
8		keine
12	durchschn. 16 Tg.	durchschn. 10 Tg.
15	„ 19 „	
20	„ 16 „	„ 7 „
25	„ 16 „	
30	keine	
25/12	„ (8 + 9) 17 Tg.	
3/25	„ (8 + 18) 26 „	

In weitem Bereich blieben demnach die Temperaturen ohne Einfluß auf die Sklerotienbildung. Die Zeit bis zu ihrem Beginn verlängerte sich auch dann nicht, wenn verschiedene Temperaturen dieses Bereiches nacheinander zur Wirkung kamen (25°/12° C). Erst bei Annäherung an die beiden Extremwerte innerhalb der für eine Entwicklung der Kulturen erforderlichen Temperaturen fand keine Sklerotienbildung mehr statt. Vorübergehender Aufenthalt der Kulturen bei derartigen Graden (+ 3° C), gefolgt von Optimaltemperaturen (+ 25° C), blieb ohne Einfluß auf die Sklerotienbildung.

Auf die Lebensfähigkeit der Sklerotien hat die Temperatur keinen Einfluß; dagegen ist ein solcher naturgemäß auf ihre Keimung zu erwarten. Zur Nachprüfung wurde folgender Versuch angesetzt: Sklerotien beider Moniliaarten, z. T. vorher 10 Tage hindurch Temperaturen von — 8/10° C ausgesetzt, wurden auf Bierwürzeagar-Nährböden ausgelegt und bei verschiedenen Temperaturen mikroskopisch beobachtet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4: Auskeimung der Sklerotien von *Scl. laxa* und *Scl. fructigena* in Bierwürzeagar-Nährböden in Prozenten nach Tagen bei verschiedenen Temperaturen:

Art	Temperatur	Tage nach Übertragung										
		4	10	12	13	15	17	20	24	26	28	38
S. l.	16/19° C	100										
S. f.		100										
S. l.	5/6° C			25		50	100					
S. f.									100			
S. l.	1/3° C		11		22		67	78		90	100	
S. f.			22		33		33	56		90	100	
S. l.	1/3° C		55		78		100					
S. f.			18		36		82	82		82		100
(10 Tg. — 8/10° C ausgesetzt)												

Mit abnehmenden Temperaturen zeigte sich eine Verzögerung des Austriebes. Bedeutungsvoll erscheint, daß die Verzögerung bei *Scl. fructigena* stärker als bei *Scl. laxa* war. Vorangehende Kälteeinwirkung auf die Sklerotien beschleunigte das Auskeimen bei beiden Arten bei anschließender niedriger Temperatur; die vorher beobachteten Unterschiede beider Arten blieben aber auch in diesem Falle bestehen.

III. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit

Neben der Temperatur ist offenbar die Luftfeuchtigkeit von besonders großer Bedeutung für die Entwicklung der Obstmonilien. Christoff (1939) fiel durch *Scl. laxa* verursachte Fruchtfäule an Stein- und Kernobst, Spitzenwelke, Triebbefall und Blütenwelke besonders bei der relativ hohen Luftfeuchtigkeit an der Küste Bulgariens und in der Nähe großer Flüsse auf. *Pohl* (1940) fand in Deutschland besonders schwere Moniliaschäden in Gebieten mit großen Niederschlägen. Geringer Trieb- und Blütenbefall durch Monilia ist von Dunegun und Keitt (1949) damit begründet worden, daß das Wetter während der kritischen Zeit, als welche sie die Blüte ansehen, trocken war. Trotz der offenbar hohen Bedeutung der Feuchtigkeit für das Auftreten der Krankheit sind mir keine Untersuchungen bekannt geworden, die sich mit dem Einfluß der Feuchtigkeit auf die Erreger befaßt haben. Seiner Klärung dienten die folgenden Versuche, in denen wiederum die Entwicklung der verschiedenen Organe der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit zunächst in vitro, später auch im Freiland, beleuchtet wird.

1. Methodisches

Die Untersuchungen wurden bei verschiedenen Temperaturen und rel. Luftfeuchtigkeiten durchgeführt. Als Gefäße für Wachstumsversuche und für Lagerung der zu untersuchenden Organe benutzte ich aufeinanderpassende Petrischalen-Deckel, die mit einem luftdichten Leukoplaststreifen verklebt wurden, wie sie Klaus (1941) in seiner Arbeit beschrieben und bei seinen Versuchen verwendet hat. Die jeweilige konstante rel. Luftfeuchtigkeit wurde durch Einbringen verschiedener Salze in den Unterteil der Schalen erreicht. Hält man diese dann bei konstanter Temperatur, so stellt sich über dem Salzbrei eine rel. Luftfeuchtigkeit ein, deren Wert einer von Janisch (1933) zusammengestellten Tabelle entnommen werden kann. Bei Wachstumsversuchen in Nährböden mußte vor der Überimpfung der Pilze die Feuchtigkeit des Nährbodens der rel. Luftfeuchtigkeit angeglichen werden. Zu diesem Zweck wurden aus einem gleichmäßig ausgegossenen Nährboden Plättchen von ca. 1,8 cm Durchmesser ausgestochen und zu 7—8 Stück in den sterilen Oberteil der Schalen eingelegt. Die Plättchen trockneten dort zwei Tage bei entsprechend niedrigen Luftfeuchtigkeiten über den Salzen vor. Dann wurden die Oberteile auf die mit den später zu verwendenden Salzen gefüllten Unterteile aufgebracht und verschlossen. Nach weiteren drei Tagen wurde das Pilzmyzel mit möglichst geringem Nährbodenanteil aus der Stammkultur auf die getrockneten Nährbodenplättchen übertragen und der Zuwachs beobachtet.

Zur Ermittlung der Wachstumsrelation zwischen *Scl. laxa* und *Scl. fructigena* bei abnehmender rel. Luftfeuchtigkeit wurden wiederholt beide Arten in gleichmäßig ausgegossene frische Nährböden übertragen, auf die mit NaCl angefüllten Schalenunterteile aufgestellt und luftdicht verschlossen (= ca. 75 % rel. Luftft.). Das Wachstum der Pilze wurde beobachtet und gemessen und mit dem Wachstum bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit verglichen. Notwendig ist, daß bei allen zu vergleichenden Schalen der Nährboden gleichmäßig austrocknet.

Dies wurde durch gleichmäßige Verteilung und gleichmäßige Schichtdicke des Nährbodens in dem Oberteil erreicht. Außerdem wurde der Abstand zwischen Nährboden und Salzspiegel gleich groß gehalten, weil in den Schalen die rel. Luftfeuchtigkeit schichtweise abgestuft zu sein scheint.

Zu untersuchende Konidien wurden auf die Glasflächen der Oberteile der Schalen aufgestäubt. Die mikroskopische Prüfung der Keimfähigkeit fand nach etwa 20 Std. bei Zimmertemperatur statt, nachdem die Sporen mit einer dünnen Schicht Nährboden vermengt und in feuchter Kammer ausgestrichen waren.

2. Die Entwicklung des Myzels

Bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit zeigte sich das Wachstum von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* bei konstanten Temperaturen auf Biomalzagar (3 % Malz, 1,8 % Agar) am günstigsten. Bei ca. 99 % war der Zuwachs bereits behindert, bei 93 % rel. Luftfeuchtigkeit sehr stark beeinträchtigt oder völlig sistiert. Die Sporulation wurde bei günstigster Myzelentwicklung, also bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit, am stärksten festgestellt; die Sporenketten waren am längsten entwickelt.

Bei den relativ groben Abstufungen der Luftfeuchtigkeiten durch bestimmte Salze in den Glaskammern konnte ein unterschiedliches Verhalten beider Moniliaarten nicht beobachtet werden. Erst bei Anwendung der verfeinerten Methode, bei der die zu vergleichenden beimpften Agarplatten gleichmäßig ausgetrocknet wurden, zeigten sich wiederholt spezifische Artunterschiede, die Abb. 7 veranschaulicht:

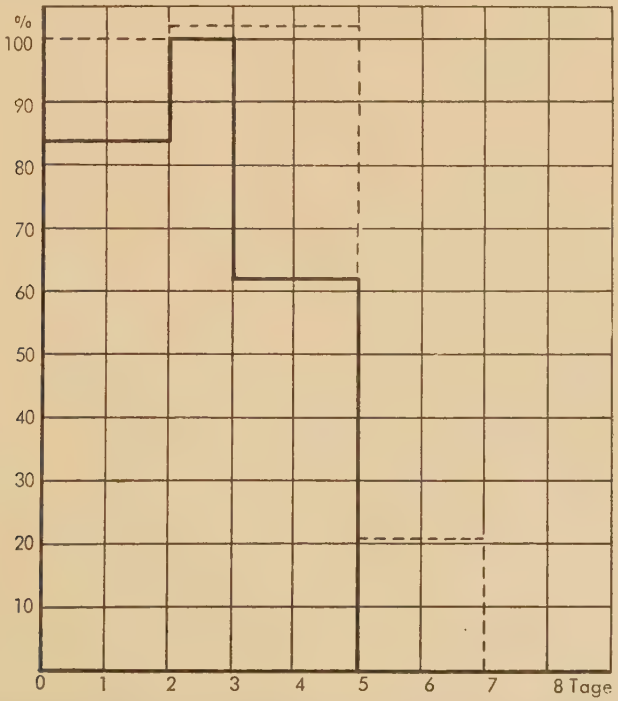


Abb. 7. Tägliche Zuwachsquoten der Kulturen von *Scl. laxa* (————) und *Scl. fructigena* (— — —) bei 25° C auf austrocknenden frischen Kirschsaftagar-Platten, bei 75 % rel. Luftfeuchtigkeit aufgestellt, in Prozenten. Zuwachsquoten der Kontrollversuche bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit = 100 % gesetzt.

Damit ist nachgewiesen, daß *Scl. laxa* einen höheren Feuchtigkeitsbedarf hat als *Scl. fructigena.*

Anders verhielt sich das Myzel beider Arten nach längerem Aufenthalt bei niedriger Luftfeuchtigkeit, also nach Austrocknung: Übertragungen von frischgebildetem Luftmyzel beider Arten entwickelten sich auf Agarplatten zu 100 % weiter; vier Wochen altes Luftmyzel, bei ca. 95—100 % rel. Luftfeuchtigkeit und Zimmertemperatur aufbewahrt, zeigte nach Überimpfung keine Schädigung. Bei einigen Kulturen wurde innerhalb der vierwöchigen Aufbewahrung ein achttägiger Aufenthalt bei ca. 76 % rel. Luftfeuchtigkeit eingeschaltet. Nachfolgende Überimpfungen auf Nährböden ergaben, daß das *fructigena*-Myzel abgestorben war, während das *laxa*-Myzel sein normales Wachstum wieder aufnahm. Während 19 und 30 Tagen bei 65—75 % rel. Luftfeuchtigkeit gehaltenes Luftmyzel beider Arten konnte nicht mehr zur Entwicklung gebracht werden. Das Myzel von *Scl. laxa* übersteht also, obwohl es zum Wachstum höhere Luftfeuchtigkeit benötigt, Trockenperioden besser als das *fructigena*-Myzel, das sich hingegen noch bei niedrigerer rel. Luftfeuchtigkeit zu entwickeln vermag.

3. Die Entwicklung der Konidien

Die Sporen beider Moniliaarten keimten bei 20° C sowohl auf frischen Malzagarplättchen bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit als auch auf ausgetrockneten bei 99,4 % rel. Luftfeuchtigkeit. Bei 100 % verlief die Keimung bei beiden Arten nahezu gleichmäßig schnell; vom dritten Tage an zeigten die Keimschläuche von *fructigena* den normalen Wachstumsvorsprung vor den *laxa*-Kulturen. Bei 99,4 % rel. Luftfeuchtigkeit hatten die Keimschläuche beider Arten nach einem Tag noch nicht die Hälfte ihrer Länge bei 100 % erreicht. *Laxa*-Sporen waren mit größeren Keimschläuchen als *fructigena*-Sporen gekeimt. Nach zwei Tagen war die Länge der Keimschläuche ausgeglichen; vom dritten Tage an erreichten die von *S. fructigena* wieder den normalen Längenvorsprung vor *S. laxa.*

Dem Problem des Einflusses der Trockenheit auf die Lebensfähigkeit von Moniliasporen ist lediglich Istvanffy (1904) nachgegangen. Er fand, daß ein halbes Jahr trocken gelagerte *fructigena*-Konidien noch zu 15 % auskeimten. Eigene Vorversuche ergaben, daß in trockener Zimmerluft gelagerte frischgebildete Sporen nach 7, 11, 20, 23 und 45 Tagen von *Scl. fructigena* immer abgestorben waren, während die Konidien von *Scl. laxa* noch zu 23 bis 90 % auskeimten.

Um den Einfluß der rel. Luftfeuchtigkeit auf die Lebensfähigkeit der Konidien beider Arten zu prüfen, wurden Sporen dem jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt 21 Tage lang ausgesetzt. Zunächst war zu entscheiden, ob die Keimfähigkeit der Sporen nach 21 Tagen durch Austrocknung oder durch geringe Lebensfähigkeit der Sporen an sich beeinträchtigt wird. Zu diesem Zweck wurde ein erster Versuch bei — 4° C angesetzt, bei dem die Sporen in allen Feuchtigkeitsstufen auch bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit längere Zeit hindurch beobachtet werden konnten. Weitere Untersuchungen schlossen dann noch einige Feuchtigkeitsstufen bei anderen Temperaturen ein, wie Tab. 5 zeigt.

Nachdem es anfänglich bei den Vorversuchen schien, als wenn trockene Lagerung der Sporen von *Scl. fructigena* die Keimfähigkeit stark beeinträchtigte, zeigten die systematisch angelegten Versuche, daß die Keimfähigkeit von *fructigena*-Konidien auch bei Lagerung in 100 % rel. Luftfeuchtigkeit abnimmt. Offenbar beeinflußt die niedrigste Luftfeuchtigkeitsstufe die Keimfähigkeit der beiden Sporenarten weniger als es für die höheren Stufen zutrifft. Vermutlich wird diese Erscheinung darauf zurückzuführen sein, daß die Lebensfähigkeit desto größer wird, je geringer die Lebenstätigkeit des Sporenorganismus ist. Der-

Tabelle 5: Keimfähigkeit in Prozenten von je 150—250 ausgezählten Konidien von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* nach 21 Tagen Lagerung bei versch. rel. Luftfeuchtigkeit und Temperaturen (anfängl. Keimfähigkeit der *Scl. fructigena*-Konidien 87 %, der *Scl. laxa*-Konidien 98 %):

		Relative Luftfeuchtigkeit ca.							
Art	konst. Temp.	100 %	90 %	P		75 %	P	33 %	P
S. l.	— 4° C	98	86	Θ		95	Θ	91	Θ
	+ 8° C	—	—			87	0,017	97	0,03
	+ 20° C	—	—			94	> 0,05	96	0,08
	+ 25° C	—	89	0,37		78	< 0,001	96	0,06
S. f.	— 4° C	56	53	Θ		65	Θ	65	Θ
	+ 8° C	—	—			8	< 0,001	17	< 0,001
	+ 20° C	—	—			0	< 0,001	25	< 0,001
	+ 25° C	—	0	< 0,001		0	< 0,001	1	< 0,001

selbe Grund scheint bei der Beobachtung vorzuliegen, daß bei beiden Sporenarten die Keimfähigkeit, also die Lebensfähigkeit, am besten erhalten blieb, je niedriger die Lagerungstemperaturen waren. Bei welchen Temperaturen Istvanffy (1904) seine *fructigena*-Sporen trocken gelagert hatte, als er sie nach einem halben Jahr noch zu 15 % keimfähig feststellte, konnte nicht ermittelt werden; nach meinen Ergebnissen müssen niedrige Temperaturen angenommen werden.

4. Die Entwicklung der Sklerotien

Schließlich habe ich untersucht, ob die Sklerotienbildung durch Abstufung der rel. Luftfeuchtigkeit beeinflußbar ist. Parallel zu dem Verhalten mancher Organismen, bei ungünstigen Lebensverhältnissen zur Fruktifikation und Dauerkörperbildung zu schreiten, war denkbar, daß es mit abnehmender Luftfeuchtigkeit zur beschleunigten Sklerotienbildung kommen würde. Bei den Versuchen wurde die Sklerotienbildung von *fructigena*-Kulturen auf langsam und schnell austrocknendem Bierwürzeagar mit solcher in 100 % rel. Luftfeuchtigkeit verglichen. In langsam austrocknendem Nährboden, bei 97 % rel. Luftfeuchtigkeit, erfolgte die Sklerotienbildung wie bei 100 % nach durchschnittlich 19 Tagen. In schnell austrocknendem Nährboden bei 93 % rel. Luftfeuchtigkeit konnte eine Beeinflussung nicht festgestellt werden, weil es gar nicht zur Sklerotienbildung kam, vielmehr das Myzel wegen Trockenheit nach 12 Tagen sein Wachstum einstellte.

Die rel. Luftfeuchtigkeit läßt also im möglichen Entwicklungsbereich der Moniliapilze keinen Einfluß auf die Sklerotienbildung erkennen. Auf bereits gebildete ist ein solcher ebenfalls nicht zu vermuten, da nach Beobachtungen von Wenzl (1948) drei Jahre alte Mumien, die im Freien gelagert hatten und natürlich ausgetrocknet waren, immer noch lebensfähig waren.

Für das Austreiben der Sklerotien selbst zeigte feuchtigkeitsgesättigte Atmosphäre dieselbe Bedeutung wie für Myzelentwicklung und Konidienkeimung. Bereits Ewert (1912) hatte erkannt, daß Fruchtmumien nur Konidienrasen bildeten, wenn sie feucht gehalten wurden.

IV. Das Verhalten der Konidien in Abhängigkeit vom Licht

Es ist bekannt, daß Licht einen fördernden Einfluß auf die Vitalität einiger Mikroorganismen hat, so auf die Konidienbildung und Keimungsenergie einiger Erysiphaceen (Hammerlund 1925, zit. Gäumann 1951) sowie auf die Konidienbildung von *Alternaria solani* (Klaus 1941). Die bakterizide Eigenschaft des Sonnenlichtes haben 1877 Downes und Blunt nachgewiesen. Swart und Rippel (1951) erkannten diese nicht nur im kurzwelligen Bereich, die mit einer parallelgehenden Absorption durch die Thymonukleinsäure erklärt wird, sondern auch im längerwelligen Licht (Maximum λ 366—405 mμ). Es lag deshalb nahe, die Wirkung verschiedener Lichtbereiche auf die Moniliasporen beider Arten zu untersuchen, um so mehr als nach Untersuchungen von English und Gerhard (1946) die Sporen der amerikanischen Moniliaart, *Scl. fructicola,* durch ultraviolette Bestrahlung bereits nach 2½ Minuten abgetötet wurden.

1. Methodisches

Die Versuche wurden in Unterteilen von Petrischalen durchgeführt, in die Bierwürzeagar-Nährboden ausgegossen war. Über diesen wurde eine Sporensuspension in Wasser verteilt; das überschüssige Wasser tropfte ab. Die derartig vorbereiteten Schalen wurden, wie bei den Versuchen von Füchtbauer (1950), mit undurchsichtigen Glasplatten abgedeckt, die in der Mitte ein etwa 3 cm großes rundes Loch besaßen. Auf die jeweiligen Löcher der Glasplatten wurden Schottsche Filter gelegt, die jeweils nur einen bestimmten Lichtwellenbereich hindurchließen. Die Schalen wurden dann dem direkten bzw. dem diffusen Sonnenlicht für eine gewisse Dauer ausgesetzt. Damit der Nährboden während der Zeit des Aufenthaltes im Freien nicht austrocknete, mußte die Nährbodenschicht entsprechend dick gewählt werden. Die Gefahr einer zu starken Hitzeentwicklung auf den Platten bestand nicht, da zwischen Schalenrand und abdeckender Glasplatte eine genügende Luftzirkulation stattfinden konnte, außerdem auch relativ kühle Tage für die Versuche gewählt wurden.

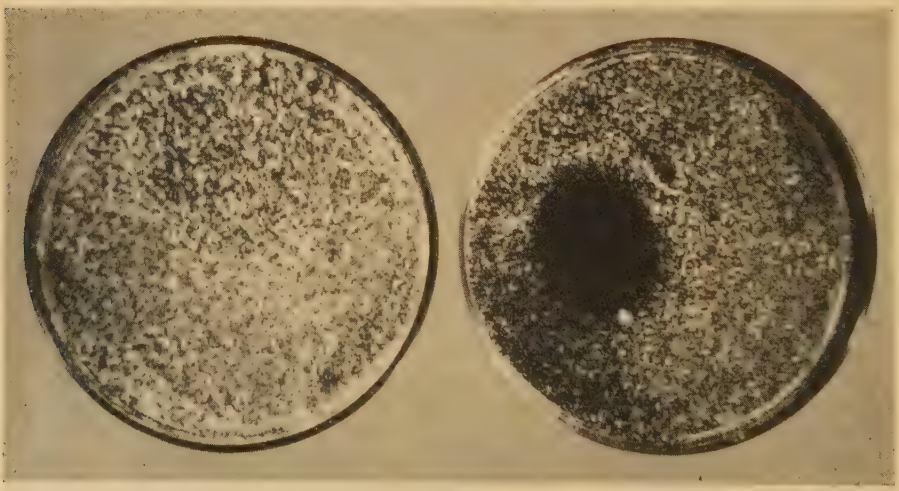


Abb. 8. Rechts: Fleck mit totaler Sporenkeimschädigung nach 2¾ Std. Bestrahlung mit schräg einfallendem Sonnenlicht (Filter WG 7); links: keine Schädigung nach 2¾ Std. Sonnenbestrahlung durch Filter GG 11.

Nach der Behandlung kamen die Schalen in feuchte Kammern bei Zimmertemperatur, um die Sporen auf den Agarplatten auskeimen zu lassen. Da bei dieser Behandlung die Schalen gegen Verunreinigungen nicht zu schützen waren, konnte die Auswertung lediglich nach makroskopischen Eindrücken erfolgen. Diese waren bei einer Totalschädigung der Sporenkeimung durch die Bestrahlung, wie der Fleck in Abb. 8 zeigt, so eindeutig, daß sie genügten.

Teilschädigungen konnten zahlenmäßig nicht erfaßt werden, sondern nur nach Entwicklung der Keimschläuche im Vergleich zu den abgedeckten Teilen der Schalen geschätzt werden.

2. Ergebnisse

Der gesamte Bereich des Sonnenlichtes (Filter WG 7 = ca. λ 300—3000 mμ) schädigte die Sporen beider Arten nach 2¾ Std. Bestrahlung völlig (Abb. 8), nach 1¼ Std. bei der gegebenen Intensität der Bestrahlung in den Monaten August—September stark, wie Tab. 6 zeigt.

Tabelle 6: Sporenkeimschädigung durch Sonnenbestrahlung; Entwicklung der Moniliasporen auf Agarplatten in versch. Intensität: (schwach + bis stark +++)

Sonnenbestrahlung	Kontr. bedeckt	Filter WG 7 λ 300 — 3000 mμ	Filter UG 12 λ 312 — 380 mμ	Filter GG 18 λ 366 — 3000 mμ	Filter GG 11 λ 500 — 3000 mμ
2¾ Std.	+++	—	—		+ +
1¼ Std.	+ +	+		++	

Eine indirekte Schädigung der Sporen durch etwaige Veränderungen des Nährbodens trat nicht ein, da nachträglich nach der Sonneneinwirkung aufgebrachte Sporen normal auskeimten. Die Prüfung verschiedener Lichtbereiche ergab, daß auch für die fungizide Wirkung nicht nur der ultraviolette Anteil des Sonnenlichtes, sondern in gewissem Grade auch die längerwelligen Strahlen Bedeutung haben (Tab. 6).

Unterschiede der beiden Moniliaarten in der Empfindlichkeit ihrer Sporen gegenüber Sonnenbestrahlung konnten bei der relativ groben, unsterilen Methode nicht festgestellt werden. Im ultravioletten Bereich wurde eine genauere Differenzierung durch Verwendung einer Quecksilberhochdruckdampflampe angestrebt. Allerdings muß vorerst dahingestellt bleiben, ob das Verhalten der Sporen bei einer derartigen Behandlung eine Schlußfolgerung auf das Verhalten bei Bestrahlung mit Sonnenlicht zuläßt. Die Methode der Versuchsanstellung entsprach der bereits beschriebenen, aber kürzere Einwirkungszeiten garantierten ein sterileres Arbeiten. Die Beobachtung, daß innerhalb des Sonnenlichtes die Schädigung der Sporen zunimmt, je kurzwelliger der Strahlenbereich ist, bestätigte sich auch im ultravioletten Licht der Quarzlampe: 10 Minuten ultraviolette Bestrahlung durch einen Filter, der das Licht unter λ 335 mμ absorbierte, hatte auf Moniliasporen keine schädliche Auswirkung, dagegen waren nach nur drei Minuten währender Bestrahlung ohne Filter sämtliche Sporen abgetötet. Dieser Befund stimmt mit der bekannten Erfahrung überein, daß die bakterizide Wirksamkeit des ultravioletten Lichtes mit abnehmender Wellenlänge zunimmt bis zur maximalen Wirkung bei etwa λ 250/260 mμ (um darunter wieder zurückzugehen). Innerhalb der drei Minuten zeigten die Sporen beider

Moniliaarten eine unterschiedliche Empfindlichkeit, indem die Sporen von *Scl. fructigena* ihre Keimfähigkeit sehr schnell verloren und nach zwei Minuten nicht mehr auskeimen konnten, während diejenigen von *Scl. laxa* ihre Keimfähigkeit etwas langsamer einbüßten und erst nach drei Minuten währender Bestrahlung keimunfähig wurden.

V. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten in Abhängigkeit von Chemikalien

Wie einleitend bereits erwähnt, sind die Erreger der Obstmonilien in praxi nicht nur Witterungsfaktoren, sondern auch bestimmten chemischen Einwirkungen ausgesetzt. Bei den Hauptnährstoffen, die die Wirtsnährpflanze bietet, ist mit Unterschieden im Chemismus kaum zu rechnen. In vitro wurden solche Variationen trotzdem geprüft, um die jeweiligen Reaktionstendenzen vorerst aus theoretischem Interesse kennenzulernen. Qualitativ und quantitativ wesentlich labiler dagegen ist im Freiland das Vorkommen von Spurenelementen, von denen viele Pilze stark abhängig sind. Verschiedene derartige Stoffe sind daher in ihrer Wirkung auf die beiden Moniliaarten geprüft worden.

1. Die Entwicklung des Myzels

Starke Unterschiede in der Entwicklung des Myzels beider Moniliaarten zeigten sich auf verschiedenen Nährböden. Im Prinzip gleich blieb auf allen Nährböden die Tendenz der spezifischen Wachstumsgeschwindigkeit von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* bei verschiedenen Temperaturen, wie sie bereits in Abb. 2 dargestellt worden sind; aber die absoluten Werte variierten stark. Etwa gleicher Zuwachs beider Arten war bei Bierwürzeagar (40 % ungehopfte Bierwürze, 1,8 % Agar) und Biomalzagar (3 % Biomalz, 1,8 % Agar) zu beobachten. Der Zuwachs des Myzels auf Kirschsaftagar (3,5 % Kirschsaft, 2 % Agar), Apfeldekoktagar (25 % Apfeldekokt, 2 % Agar) und Glukoseagar (2 % Glukose, 1,8 % Agar, 0,1 % NH_4NO_3, 0,05 % $MgSO_4$) verlief deutlich schneller, aber die Myzelbildung war weniger dicht, Luftmyzel und Sporen wurden kaum oder gar nicht gebildet.

Als Reaktionsoptimum für *Scl. fructicola* haben Thind und Keitt (1949) 4—5 pH angegeben. Der pH-Wert wurde deshalb regelmäßig um 5 gehalten, aber auch 4,2 bzw. 6 pH zeigte keine Auswirkung auf das Myzelwachstum.

Die Variation des Agaranteiles an Nährboden über die üblichen Mengen hinaus wirkte sich auf die Myzelentwicklung beider Moniliaarten stark hemmend aus. Während bei 4 % das Wachstum der Kulturen noch normal verlief, wurde es bei 6 % stark verzögert und bei 9 % Agaranteil im Nährboden völlig verhindert. Vorhergegangenes Ausfaulen des Agars in Leitungswasser beseitigte jedoch die schädigende Wirkung. Der verwendete handelsübliche Agar-Agar muß demnach Hemmstoffe enthalten.

Das Myzelwachstum der Pilze beider Moniliaarten verhielt sich im Nährboden in Konkurrenz mit anderen Mikroorganismen verschieden. Öfters beobachtete ich, daß die Kulturen beider Moniliaarten durch Verunreinigungen mit *Penicillium crustaceum L.* behindert wurden, daß diese Behinderung aber bei *Scl. laxa* stärker war, als bei *Scl. fructigena*. Um die Erscheinung weiter zu klären, besonders um festzustellen, ob *Scl. laxa* allgemein durch Stoffwechselprodukte anderer Mikroorganismen stärker beeinflußt wird als *Scl. fructigena*, setzte ich folgenden Versuch an. Bierwürze-Agarplatten, die teils von *Penicillium crustaceum* teils von *Bacillus subtilis* überwachsen waren, wurden von stark saurem Bereich wieder auf etwa 5,5 pH gebracht, vorsichtig dampfsterilisiert und in Platten ausgegossen. Von *Bacillus subtilis* ist bekannt, daß sein Toxin,

Subtilin, thermostabil ist (Vasudewa und Roy, 1950). Kulturen von beiden Moniliaarten auf die so vorbereiteten Platten übertragen, zeigten im ersten Fall in der Entwicklung die bereits beschriebene Tendenz, während sie sich im zweiten gerade umgekehrt verhielten (Abb. 9).

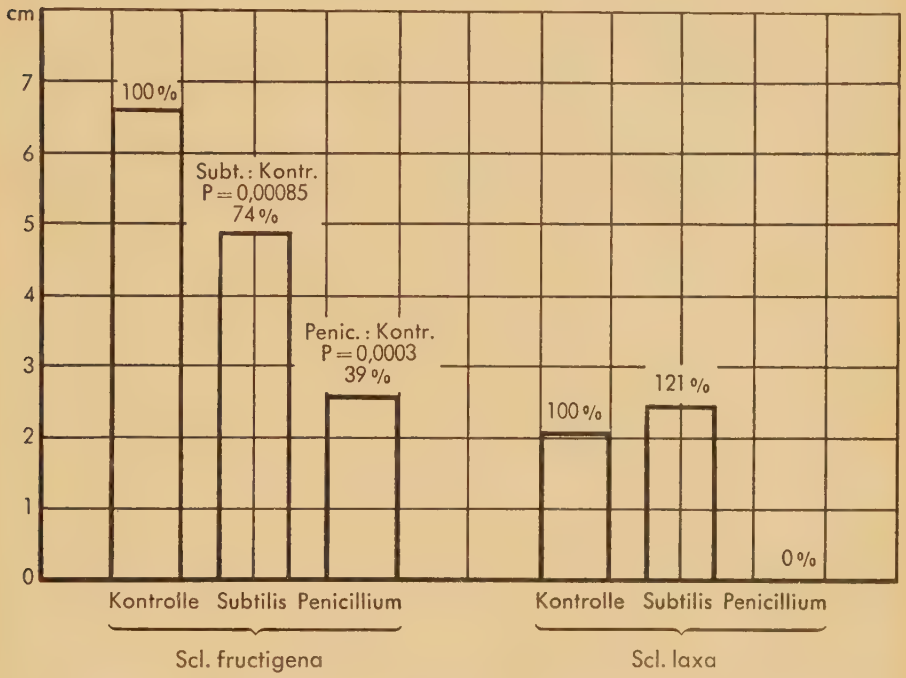


Abb. 9. Wachstum von *Scl. fructigena* und *laxa* auf Bierwürzeagar, der zuvor mit *Penicillium* bzw. *Bacillus subtilis* bewachsen war. Durchmesser der Kulturen nach 6 Tagen. Wachstum bei 25° C.

Die Stoffwechselprodukte beider verwendeter Mikroorganismen wirken sich demgemäß auf den jeweiligen angegriffenen Organismus verschieden aus, zumindest in der Intensität. Weiter sind auch die Reaktionen auf ein Toxin unterschiedlich, je nachdem, ob es auf *Scl. fructigena* oder auf *Scl. laxa* einwirkt.

Obwohl für einige Mikroorganismen längst nachgewiesen ist, daß verschiedene Spurenelemente, z. T. Schwermetalle, für sie lebensnotwendig sind, ist doch andererseits bekannt, daß dieselben Elemente in höherer Konzentration stark fungizid wirken können (Scharrer 1941). Einige derartige Elemente werden deshalb zur Bekämpfung der Moniliaerreger benutzt. U. a. wies Wilson (1950) erneut auf die toxische Wirkung von Zinkmitteln gegenüber *Scl. laxa* hin. Stellwaag (1951) erkannte Quecksilbermittel als gut wirksam gegen Fruchtmonilia, günstig wirkte bei seinen Versuchen auch Borax, während Kupfer- und Schwefelmittel eine geringere Wirkung zeigten. Ich ging deshalb der Frage nach den Einflüssen einiger praktisch bedeutsamer Spurenelemente auf die beiden Arten weiter nach.

In die Untersuchungen wurden Kupfer, Zink, Quecksilber und Borax als wasserlösliche Salze in verschiedenen Konzentrationen einbezogen; davon das

Kupfer in zwei verschiedenen Bindungen. Die Salze wurden verschiedenen Agarnährböden zugesetzt und diese dann mittels Sodalösung bzw. Milchsäure auf mittlere pH-Werte gebracht. Die Sterilisation erfolgte vorsichtig, damit nicht evtl. stark störende Umsetzungen stattfinden konnten. Nährböden, die trotzdem starke Ausflockungen zeigten, wurden nicht verwendet. Normalerweise traten bei B, Zn und Hg nur leichte, bei Cu etwas stärkere Trübungen des Nährbodens auf. Die Entwicklung der beiden Moniliaarten wurde vergleichend mit der Entwicklung auf Nährböden beobachtet, die nur mit doppelt destilliertem Wasser oder Leitungswasser ohne Zusätze zubereitet waren.

In jedem Fall zeigte sich die jeweilige Wirkung auf das Wachstum am wenigsten in Apfelbreiagar, stärker in Bierwürzeagar, noch stärker in Kirschsaftagar und am stärksten in Glukoseagar (Tab. 7). Die letale Dosis war in letzterem bereits bei der niedrigsten Konzentration erreicht.

Tabelle 7: Durchmesser der Kulturen in cm nach Wachstum von 6 Tagen bei 25° C nach Zugabe steigernder Konzentrationen an Cu in verschiedenen Nährböden:

Scl. fructigena Cu-Ionen	Apfelbreiagar		Bierwürzeagar		Kirschsaftagar	
	Cu als $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	rel.	Cu als $Cu(NH_3)_4 \cdot SO_4 \cdot H_2O$	rel.	Cu als $Cu(NH_3)_4 \cdot SO_4 \cdot H_2O$	rel.
0,02 %	7,2 ± 0,1	100	4,55 ± 0,08	100	3,65 ± 0,03	100
0,06 %	6,6 ± 0,2	92	3,35 ± 0,15	74	2,25 ± 0,03	62
0,08 %	—	—	2,75 ± 0,1	60	0	0
0,1 %	6,6 ± 0,2	92	3,0 ± 0,1	66	0	0
Scl. laxa						
0,02 %	7,95 ± 0,05	100	4,0 ± 0,1	100	5,3 ± 0,1	100
0,06 %	7,75 ± 0,25	97	4,1 ± 0,2	101	2,5 ± 0,15	47
0,08 %	—	—	3,4 ± 0,13	85	0	0
0,1 %	6,45 ± 0,15	81	2,85 ± 0,06	71	0	0

Wahrscheinlich lassen sich die unterschiedlichen Hemmungswirkungen auf den vier Nährböden dadurch erklären, daß mit zunehmendem Puffersystem ein Teil der Spurenelemente in ihrer Wirkung inaktiviert wird. Bei der von mir angewandten Methode, die Elemente dem Nährboden zuzusetzen, dürfen die Mengenangaben daher immer nur relativ verstanden werden, wenn der Inaktivierungsgrad der verwendeten Nährböden für die betreffenden Stoffe nicht bekannt ist. Da von mir nur wasserlösliche Salze benutzt wurden, während dieselben Elemente in Pflanzenschutzmitteln oft nur schwer oder unlöslich sind, ist anzunehmen, daß bei gleicher Konzentration der Ionen sich erstere in einem Puffersystem in ihrer Wirkung nicht allzusehr von der Wirkung letzterer unterscheiden. Stellwaag (1951) bediente sich zur Ermittlung fungizider Wirkungen von verschiedenen Pflanzenschutzmitteln einer anderen Methode. Er spritzte die Mittel in bestimmten Konzentrationen auf die zu untersuchenden Kulturen, die sich einige Tage auf Agarplatten entwickelt hatten. Darauf beobachtete er das weitere Wachstum der Pilze. Um Abtötungs-

wirkungen auf die Kulturen festzustellen, mag diese Methode genügen; aber zur Erfassung von Spurenauswirkungen bei kleinsten Konzentrationsunterschieden erschien sie zu grob. Bei ihr würde schon der je nach Mittel und Kultur immer unterschiedliche Faktor der Netzfähigkeit Unregelmäßigkeiten im Versuch nach sich ziehen. Beste Verteilung und innigste Bindung zu der zu untersuchenden Kultur ist am besten im Nährsubstrat gewährleistet.

Die weiteren Versuche wurden in erster Linie mit Kupfersalzen durchgeführt. Da die Wirkung der verschiedenen Dosierungen der Salze allgemein auf den Kationenanteil zurückgeführt wird, wurde der Nachweis, daß bei den verwendeten Salzen nicht der Anionenanteil die Ursache der Wirkung ist, für überflüssig gehalten. Martin (1942) hat einschränkend lediglich einmal festgestellt, daß die Zusammensetzung der Mittel für den toxischen Effekt ausschlaggebend ist. Das mag auch die in Tab. 8 veranschaulichte Erscheinung erklären.

Tabelle 8: Durchmesser der Kulturen von *Scl. laxa* in cm nach Wachstum von sechs Tagen bei 25° C nach Zugabe von Kupfer in verschiedener Bindung in Bierwürzenährboden:

	Cu als $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	rel.	Cu als $Cu(NH_3)_4SO_4 \cdot H_2O$	rel.
Kontrolle mit Leitungswasser	1,4 ± 0,2	100	2,3 ± 0,22	100
0,02% Cu	3,3 ± 0,1	235	4,0 ± 0,1	174
0,06% Cu	2,0 ± 0	143	4,1 ± 0,2	178
0,08% Cu	— —	—	3,4 ± 0,13	148
0,1% Cu	0 —	0	2,85 ± 0,06	124

In $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$ zeigte sich das Cu-Ion (in niedrigen Konzentrationen stimulierend, in höheren Konzentrationen schädigend) auf die Monilia-Kulturen wesentlich wirksamer als in $Cu(NH_3)_4SO_4 \cdot H_2O$.

Obwohl Cu bereits in niedrigsten Konzentrationen auf Moniliasporen (*Scl. fructicola:* McCallan 1948, Goldsworth und Green 1938 usw.) als toxisch gefunden worden ist, wirkte es in niedrigen Konzentrationen auf *Scl. laxa*-Myzel stark, auf *Scl. fructigena*-Myzel dagegen nur sehr gering wachstumsstimulierend (Tab. 9, Abb. 10).

Tabelle 9: Durchmesser der Kulturen in cm nach 10 Tagen Wachstum bei 25° C auf Bierwürzeagar nach Zugabe von Cu als $Cu(NH_3)_4SO_4 \cdot H_2O$:

	Scl. fructigena	*Scl. laxa*
Kontrolle mit doppelt dest. H_2O	6,1 ± 0,1 Θ	2,0 ± 1,05 Θ
0,02% Cu	7,5 ± 0,11 P = < 0,0002	6,6 ± 0,13 P = 0,01
0,06% Cu	6,5 ± 0,1	6,9 ± 0,4
0,08% Cu	5,1 ± 0,15	6,05 ± 0,13
0,1 % Cu	5,3 ± 0,19	4,5 ± 0,6

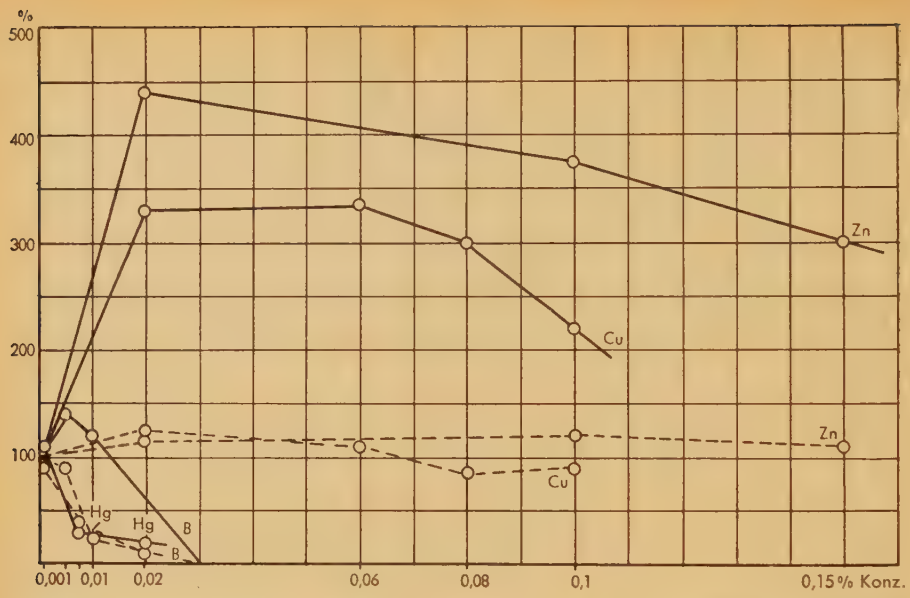


Abb. 10. Rel. Durchmesser der Kulturen nach 10 Tagen Wachstum bei 25° C nach Zugabe von verschiedenen Konzentrationen verschiedener Spurenelemente in Bierwürzeagar. Kulturen in Nährböden mit doppelt destilliertem Wasser = 100%. *Scl. laxa* (————)*Scl. fructigena* (— — —).

Abb. 11. 10 Tage alte Kulturen von *Scl. laxa* in Bierwürzeagar mit: oben links Leitungswasser, oben rechts 0,02% Cu, unten links 0,06% Cu, unten rechts 0,1% Cu.

Bereits auf Nährböden mit Leitungswasser war eine durchweg günstigere Entwicklung als auf Nährböden mit doppelt destilliertem Wasser festzustellen, was vermutlich auf einen gewissen Cu-Gehalt des Leitungswassers zurückzuführen ist. Für *Scl. fructigena* war in Nährböden mit Leitungswasser die Optimalmenge an Cu bereits erreicht, weitere Zugabe wirkte sich toxisch aus. Durch die Entwicklungsförderung veränderte sich, besonders bei *Scl. laxa*, der typische Wuchs stark. Die stimulierten Kulturen wuchsen ähnlich wie *Scl. fructigena* in konzentrischer Zonierung, wie Abb. 11 zeigt.

Um zu klären, ob die beobachteten Erscheinungen nur vorübergehende Modifikationen darstellten oder tiefgreifenderer Natur waren, wurden Kulturen beider Moniliaarten, die ein- bis dreimal über Kupfernährböden passiert waren, während einiger weiterer Übertragungen auf normalen Nährböden beobachtet und mit Kulturen ohne Passagen verglichen. Tab. 10 veranschaulicht die Ergebnisse:

Tabelle 10: Nachwirkung der Stimulation nach ein- bis zweimaliger Passage über Cu-Nährböden; Durchmesser der Kulturen in cm nach Wachstum von 5 Tagen bei 25° C nach 1—4 Rückpassagen auf unvergiftete Nährböden:

Scl. laxa:

Übertragung	unbehandelt	Kultur 1× Passage über Nährboden + 0,1 % Cu (Entwickl. 121 % der Kontrolle ohne Cu)	rel.	unbehandelt	Kultur 3× Passage über Nährboden + 0,07; 0,15; 0,1 % Cu (Entwickl. 143, 180, 138 % der Kontrolle ohne Cu)	rel.
1.	2,15 ± 0,05	2,4 ± 0	112	2,15 ± 0,07	2,8 ± 0,1	130
2.	2,05 ± 0,25	2,55 ± 0,05	124	2,05 ± 0,25	3,5 ± 0,3	170
3.	3,10 ± 0,29	2,6 ± 0,11	84	3,10 ± 0,29	3,7 ± 0,2	120
		1. 2. } P = < 0,0002			1. 2. 3. } P = 0,01	

Scl. fructigena:

Übertragung	unbehandelt	Kultur 1× Passage über Nährboden + 0,08 % Cu (Entwickl. 50 % der Kontrolle ohne Cu)	rel.	unbehandelt	Kultur 1× Passage über Nährboden + 0,1 % Cu (Entwickl. 55 % der Kontrolle ohne Cu)	rel.
1.	3,4 ± 0,1	3,6 ± 0,21	106	3,8 ± 0,2	3,5 —	92
2.	3,8 ± 0,2	4,4 ± 0,1	116	4,8 ± 0,1	5,6 —	117
3.	4,8 ± 0,1	— —	—	3,1 ± 0,1	3,5 ± 0,21	114
4.	3,1 ± 0,1	3,4 ± 0,02	110			

Fructigena-Kulturen, die einmal über Cu-Nährboden passiert waren und sich dort in der Entwicklung stark gehemmt zeigten, waren bei den ein- bis viermaligen Rückpassagen auf normalen Nährböden im Wachstum den unbehandelten Kontrollversuchen gegenüber gleich oder gering überlegen. Auf eine besonders eindeutige Tendenz wies ein Stamm von *Scl. laxa* hin, der eine dreimalige Passage über Kupfernährböden erlebt hatte. Diese Kultur behielt auf normalen Nährböden in drei beobachteten Rückpassagen ihre starke Entwicklungsüberlegenheit gegenüber unbehandelten Kulturen dieses Stammes bei. Auch die *laxa*-Kultur, die nur einmal über Kupfernährboden passiert war, zeigte sich dem Kontrollversuch zwei „Generationen" lang stark überlegen, wenn auch geringer als die vorhergehende.

Mit diesen Ergebnissen scheint mir die Möglichkeit einer tiefgreifenden Beeinflussung der Moniliaerreger, vor allem von *Scl. laxa,* weniger sicher von *Scl. fructigena,* durch Kupferbehandlung bewiesen. Ob mit Saltationen oder Mutationen auf diesem Wege zu rechnen ist, muß vorerst dahingestellt bleiben. Gäumann (1951) hat Kupfersulfat in dieser Beziehung als unwirksam bezeichnet. Diese Frage wäre für das Problem der Biotypenbildung von wesentlichem Interesse, da das Kupfer als Fungizid in der Praxis, besonders im Obstbau und nicht zuletzt bei der Moniliabekämpfung, eine große Rolle spielt. Bei der Anwendung liegen zwar die Konzentrationen des Kupferions im stark toxischen Bereich, so daß bei Entfaltung der vollen Wirkung Myzel und Sporen unbedingt absterben. In Fällen, in denen die Organe der Pilze bei der Bekämpfung von dem Fungizid nicht voll getroffen werden oder die Wirkung durch geringe Netzfähigkeit oder durch starke Auswaschung usw. gemindert wird, werden zwar die Konidien immer noch abgetötet (McCallan 1948, Lin 1940, Goldsworth und Green 1938), aber das widerstandsfähigere Myzel könnte sich möglicherweise so verhalten, wie es die Versuche in vitro oben zeigten, und unter Umständen stärker sporulieren als normal. Die Gefahr müßte besonders groß sein, wenn anderen Pflanzenschutzmitteln nur Spuren von Cu zugegeben werden (0,02 % Cu laut Spritzplan für den Obstbau 1950, Pflanzenschutzamt Bonn) oder wenn sehr niedrige Cu-Konzentrationen z. B. in die Obstblüte gespritzt werden, wie es in Neusüdwales mit Bordeaux-Brühe (= 0,2 % Cu) oder Kupferoxychlorid (= 0,06 % Cu) gegen Monilia auf Aprikosen gefordert wird (Anonym 1942, 1944). Diesen Fragen konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter nachgegangen werden.

Durch die Versuche mit Cu-Nährböden konnte ich auch die bereits von Metz (1930) beobachtete Farbstoffbildung und Abhängigkeit von dem Cu-Gehalt des Nährbodens bestätigen. Das oben erwähnte Phänomen der Verfärbung auf bestimmten Nährböden erfährt so eine bemerkenswerte Ergänzung.

Schließlich führten weitere Untersuchungen an den mit Cu stimulierten bzw. gehemmten Kulturen zur Feststellung einer besonderen Eigenart des Myzels: Mit dem Cu-verträglicheren *laxa*-Myzel wurden Übertragungen von einem toxischen Cu-Nährboden auf einen zweiten toxischen Cu-Nährboden vorgenommen. Die Weiterentwicklung des Myzels zeigte stets, daß die Zuwachsraten zwar anfänglich geringer waren als normal, aber nach mehreren Tagen das normale Ausmaß erreichten. Diese „Gewöhnung" wird noch deutlicher, wenn man die Entwicklung mit derjenigen von Myzel verglich, das von normalem Nährboden stammte und auf Cu-Nährboden übertragen war, wie Abb. 12 zeigt:

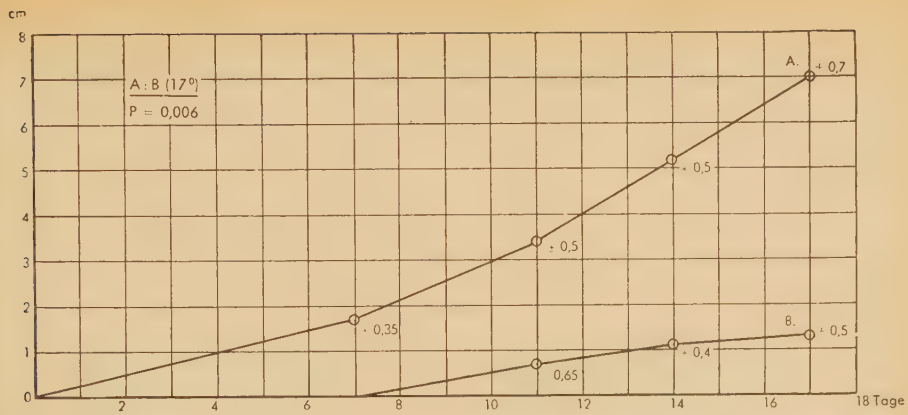


Abb. 12. Durchmesser von *Scl.-laxa*-Kulturen in cm nach Wachstum von Tagen bei 25° C in Bierwürzeagar mit 0,15 % Cu.
A = an Cu „gewöhnte" Kultur (30 Tage in Nährboden mit 0,07 % Cu gewachsen);
B = „ungewöhnte" Kultur von normalem Nährboden.

Die Versuche mit Zinksulfat zeigten gleichsinnige, aber stärkere Tendenzen in der Auswirkung auf das Myzel beider Moniliaarten als Kupfer (Abb. 10, Tab. 11):

Tabelle 11: Durchmesser der Kulturen in cm nach 10 Tagen Wachstum bei 25° C auf Bierwürzeagar nach Zugabe von Zn als $ZnSO_4 \cdot 7\,H_2O$:

	Scl. fructigena	*Scl. laxa*
Kontrolle mit dopp. dest. H_2O	$5{,}4 \pm 0{,}1$ Θ	$0{,}8 \pm 0{,}1$ Θ
0,02 % Zn	$6{,}1 \pm 0{,}3$	$3{,}5 \pm 0{,}2$ P=0,0012
0,1 % Zn	$6{,}5 \pm 0{,}1$. P=0,004	$3{,}0 \pm 0{,}3$
0,2 % Zn	$5{,}3 \pm 0{,}5$	$1{,}95 \pm 0{,}05$

Nach Gäumann (1951) ist von Zn eine saltationssteigernde Wirkung bereits bekannt, nach Dimock (1936) löst es auch Mutationen aus.

Die Versuche mit Zn und Cu wurden mit Bierwürzeagar-Nährböden durchgeführt. Die Verwendung dieses Nährbodens hatte den Vorteil, daß gleichzeitig die Auswirkung auf die Sklerotienbildung beobachtet werden konnte. Wahrscheinlich würden die Erscheinungen der Stimulation in synthetischen Nährböden mit demselben Pufferungswert noch erheblich stärker sein, weil in diesem mit Sicherheit keinerlei Spuren von Zn oder Cu sich befinden, was für Bierwürzeagar nicht sicher zutrifft.

Nährböden, die mit Kupfer- bzw. Zinksulfat in verschiedenen Konzentrationen versetzt waren, zeigten, wie erwähnt, eine gleichmäßige geringe Trübung. Regelmäßig konnte eine Aufhellung und Auflösung dieser Trübung als Ringzone um die wachsenden Kulturen beider Moniliaarten beobachtet werden.

Diese Erscheinung zeigte sich in Nährböden sowohl mit stark hemmenden als auch mit stimulierenden Konzentrationen und beweist, daß im Nährboden

wasserunlöslich festgelegte Elemente, durch Pilzwachstum verursacht, löslich werden. Die auflösenden Stoffwechselprodukte scheinen von beiden Moniliaarten abweichend zu sein oder unterschiedlich zu reagieren, denn die Sporenkeimung zeigte sich verschieden: In dem aufgehellten Bezirk um *laxa*-Kulturen war die Keimung und Keimschlauchbildung von Sporen beider Arten viel stärker gehemmt als in dem aufgehellten Bezirk um *fructigena*-Kulturen.

Versuche mit Bor als Borax und Quecksilber als Sublimat, in bestimmten Konzentrationen den Bierwürzeagar-Nährböden zugesetzt, zeigten eine relativ starke Toxizität der Mittel auf die Moniliakulturen (vergl. Abb. 10, Tab. 12).

Tabelle 12: Durchmesser der Kulturen in cm nach 10 Tagen Wachstum bei 25° C auf Bierwürzeagar nach Zugabe verschiedener Spurenelemente (Hg als $HgCl_2$; B als $Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O$):

	Scl. fructigena	*Scl. laxa*
Kontrolle mit dopp. dest. H_2O	6,9 ± 0,2	4,9 ± 0,5
0,001 % Hg	5,9 ± 0,3	5,4 ± 0,4
0,007 % Hg	3,2 ± 1,8	1,3 ± 0,1
Kontrolle mit dopp. dest. H_2O	5,4 ± 0,1	0,8 ± 0,1
0,005 % B	5,0 ± 0,15	1,15 ± 0,25
0,01 % B	1,4 ± 0,12	1,05 ± 0,05

Eine geringfügige Stimulationswirkung des Borax auf *Scl. laxa* kann zahlenmäßig nicht als statistisch gesichert angesehen werden. Die Schädigung durch die Spurenelemente trat wiederum, wie bei Kupfer und Zink, bei *Scl. fructigena* früher als bei *Scl. laxa* ein.

Vergleicht man die Menge der Ionen, die nötig ist, um die Myzelentwicklung beider Moniliaarten der Entwicklung in normalen Nährböden gegenüber zu hemmen, so zeigen sich nach den vorliegenden Ergebnissen und nach Abbildung 10 folgende groben Orientierungswerte: Im Vergleich zum Kupfer besitzt Hg eine etwa 100mal größere Toxizität auf *Scl. fructigena*, eine 60mal größere auf *Scl. laxa*, B eine etwa 15mal größere Toxizität auf *Scl. fructigena*, eine 10mal größere auf *Scl. laxa*.

2. Die Entwicklung der Sklerotien

Wie bereits gezeigt, wird die Sklerotienbildung beider Moniliaarten durch die untersuchten natürlichen Faktoren weniger beeinflußt als Myzel- und Sporenentwicklung. Diese Konstanz der Sklerotienbildung, besonders bei einigermaßen normaler Myzelentwicklung, geht bei variierten chemischen Einflüssen mehr oder weniger verloren. Bereits verschiedene Arten der Nährböden verschoben die Bildung zeitlich sehr stark oder verhinderten sie überhaupt. Dieser Vorgang konnte besonders gut bei den Stämmen von *Scl. fructigena* beobachtet werden, weil diese in vitro deutlich und regelmäßiger Sklerotien bilden als *Scl. laxa*.

In den Kulturen auf Bierwürzeagar- (40 % bzw. 20 % Bierwürze, 1,8 % Agar), Apfeldekoktagar- (25 % Apfeldekokt, 2 % Agar) und Biomalznährböden (3 % Biomalz, 1,8 % Agar) wurde die Sklerotienbildung von *Scl. fructigena* nicht beeinträchtigt. Sie setzte immer 10—20 Tage nach Übertragung der Kulturen auf die Platten ein und war unregelmäßig über die Platten verteilt oder ringförmig angeordnet, nachdem sich vorher die betreffenden Stellen in den Kulturen makroskopisch punktförmig oder als größere Flächen dunkel verfärbt hatten. Die Sklerotien bildeten dunkle, kompakte, flache Körper einzeln oder zusammenhängend (Abb. 13).

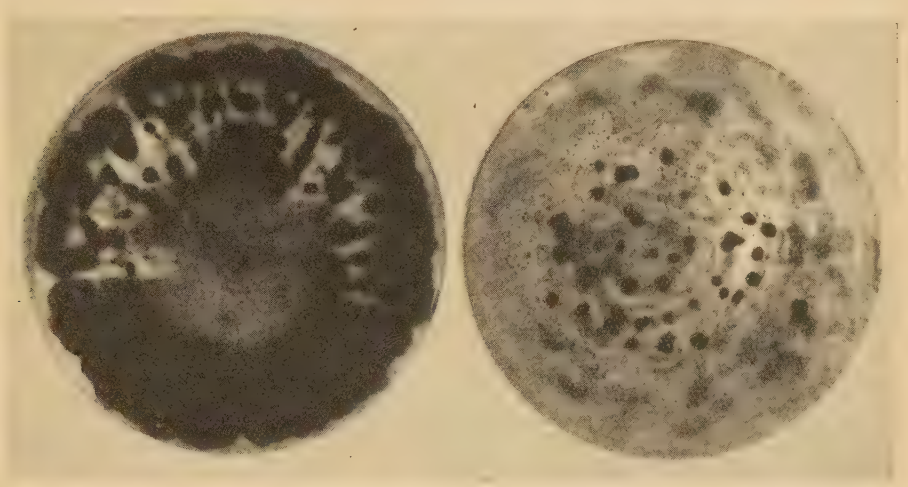


Abb. 13. Sklerotienbildung auf Bierwürzeagar-Nährboden von *Scl. fructigena*.

Diese typische Sklerotienbildung konnte dagegen nur selten auf Kirschsaftagar- (8 %, 4 %, 3,5 % Kirschsaft, 2 % Agar), niemals auf Glukoseagar- (1 %, 2 % Glukose, 1,8 % Agar, 0,05 % $MgSO_4$, 0,1 % NH_4NO_3), Maltoseagar-Nährböden (1 % Maltose, 1,8 % Agar, 0,05 % $MgSO_4$, 0,1 % NH_4NO_3 mit oder ohne Zusatz an Vitamin B_1, Cystin oder Hefe) beobachtet werden. Auf diesen Nährböden zeigten sich allenfalls manchmal unregelmäßig knotenartige oder flockige weiße Gebilde, die wahrscheinlich eine Vorstufe zur Sklerotienbildung darstellen. Da es auf Bierwürzeagar leicht zur Sklerotienbildung kam, wurde synthetisch ein Nährboden hergestellt, der die Hauptnährstoffe der Bierwürze enthielt (Maltose 6 %, Dextrose 0,6 %, Fruktose 0,1 %, Hefe, 3 Tage vergoren, 3,5 %, Dextrin 2 %, NH_4NO_3 0,1 %, $MgSO_4$ 0,05 %) teils auch die Asche der Bierwürze (0,06 %). Trotzdem trat auch auf diesen Nährböden keinerlei Sklerotienbildung ein.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß zur Auslösung der Sklerotienbildung außer einem relativ hohen Hauptnährstoffgehalt, besonders Glukose (Peiris 1947), auch gewisse Substanzen mikrochemischer Art nötig sind.

Scl. laxa hat für die Sklerotienbildung einen anderen Nährstoffbedarf als *Scl. fructigena*. Während sich bei ihr auf Bierwürze- und Biomalzagar-Nährböden nur selten Sklerotien zeigten, bildeten diese sich auf Apfeldekokt-Nährboden mit einiger Wahrscheinlichkeit durchschnittlich 30—49 Tage nach der Übertragung der Kulturen. Auf Maltose-Hefeagar-Nährboden kam es ebenfalls

fast regelmäßig nach durchschnittlich 27 Tagen zur Sklerotienbildung, wenn die Hefe vor der Verwendung zum Nährboden drei Tage in Glukoselösung aktiviert war. Diese Sklerotien wichen morphologisch von den normalen ab, indem sie keine kompakte, dunkle Masse darstellten, sondern makroskopisch lediglich bräunliche Flecke im weißen Nährboden, mikroskopisch leicht verfärbte, lose Myzelknoten bildeten. Bei Verwendung derselben Menge an frischer, handelsüblicher Bäckerhefe kam es nur zur Ausbildung knotenartiger, flockiger, unverfärbter Gebilde. Auf Kirschsaft-, Glukose- und Maltoseagar mit oder ohne Zusatz an Vitamin B_1 und Cystin in Spuren trat bei *Scl. laxa* keine Sklerotienbildung ein. Auch diese Ergebnisse lassen auf die Notwendigkeit von Substanzen mikrochemischer Art bei der Bildung der Sklerotien schließen, die Auswirkung der verschieden behandelten Hefe sogar auf bestimmten quantitativen Anteil. Ein weiterer Versuch bestärkte diese Vermutung. Wurde der Bierwürzeanteil in Bierwürzeagar, auf dem sicher Sklerotien gebildet werden, variiert und die jeweils fehlende Bierwürze entsprechend durch Glukose ersetzt, so daß sich das Konzentrationsgefälle nicht veränderte, so zeigte sich folgende Wirkung: Bei 40 % Bierwürzeanteil, der normalen Konzentration, begann die Sklerotienbildung durchschnittlich zu gleicher Zeit wie bei 90 % und 20 %. Bei nur 10- und 5%igem Anteil verzögerte sich dagegen der Beginn der Sklerotienbildung um etwa $^1/_5$ bis zur doppelten Zeit bzw. trat gar nicht mehr ein.

Die Sklerotienbildung begann auf geeigneten Nährböden, wie bereits wiederholt erwähnt, unter normalen Bedingungen stets in bestimmtem Zeitabstand nach der Übertragung der Kulturen. Die Annahme lag deshalb nahe, daß der Pilz durch bestimmte Anreicherung des Nährbodens unter anderem mit seinen Stoffwechselprodukten oder Enzymen zur Sklerotienbildung veranlaßt wird, die dementsprechend bei annähernd gleicher Menge des Nährbodens nach gleicher Dauer eintreten müßte. Um dies nachzuprüfen, wurden Kulturen auf unterschiedlichen Mengen von Nährboden angezogen. Einmal war die Nährbodenschicht in den Petrischalen 4- bis 10mal dicker gewählt worden als normal, zum anderen wurden Petrischalen mit einem Durchmesser von etwa 13,5 cm statt 9,5 cm verwendet. Falls die Annahme der Selbstbereitung des Mediums für die Sklerotienbildung durch den Pilz zuträfe, müßte diese bei den angestellten Versuchen um so später eintreten, je größer die verfügbare Nährstoffmenge ist; denn da die ausgeschiedenen Stoffe dauernd Gelegenheit haben, in den Nährboden zu diffundieren, wird die für die Auslösung der Sklerotienbildung erforderliche Konzentration um so später erreicht, je mehr Nährboden zur Verfügung steht. Die Sklerotienbildung trat jedoch stets in derselben Zeitspanne nach der Übertragung der Kulturen ein. Demnach besteht die obige Annahme nicht zu Recht. Das wird auch dadurch bestätigt, daß die Sklerotienbildung auch dann nicht früher eintrat, wenn auf der normalen Menge Nährboden mehrere Kulturen statt einer einzigen angezogen wurden.

Die Bedeutung der Qualität des Nährbodens für die Sklerotienbildung zeigte sich weiterhin sehr eindrucksvoll in folgenden Versuchen. Kulturen, die auf natürlichem Substrat, nämlich auf lebenden Früchten, 1 bis 2 Jahre hindurch gehalten wurden, hatten nach oft wiederholter Passage durch diese nichts an der Fähigkeit der Sklerotienbildung verloren. Bei *Scl. fructigena* trat sie auf normalem Bierwürzeagar-Nährboden nach wie vor 16 ($\pm$ 0,6) Tage nach der Übertragung der Kulturen ein. Nach einer fortlaufenden Passage der Kulturen in vitro auf künstlichem Nährboden (Bierwürze- und Kirschsaftagar) zeigte sich dagegen bereits nach 2 Monaten bei allen Stämmen von *Scl. fructigena* eine Verzögerung der Sklerotienbildung. Nach 3 bis 4 Monaten Nährboden-Passage

in vitro hatte sich auf Bierwürzeagar-Nährboden die Zeitspanne der Sklerotienbildung nach der Übertragung bereits auf 27 (± 1) Tage verzögert. Obwohl gerade Kirschsaft die zur Erhaltung der Vitalität der Monilia-Erreger erforderlichen Substanzen in zuträglicher Menge enthalten müßte, ist doch auch auf diesem Nährboden die Depression eingetreten. Möglicherweise wird die Qualität des Nährbodens durch die Zubereitung, u. a. durch die Dampfsterilisation negativ verändert. Vorerst muß aber die Frage nach der Ursache offen bleiben.

Die zur Sklerotienbildung als nötig erachteten Substanzen zeigen sich besonders wirksam bei Zubereitung der Nährböden mit doppelt destilliertem Wasser. Bereits bei der Herstellung mit Leitungswasser war wiederholt der Beginn der Bildung um etwa 1 bis 3 Tage hinausgezögert. Diese Tendenz konnte bei Zugabe geringster Mengen an Spurenelementen weiterverfolgt werden (Tab. 13). Die verwendeten Elemente wirken demnach der Sklerotienbildung direkt entgegen, oder sie inaktivieren die zur Sklerotienbildung nötigen Substanzen im Nährboden. Diese Erscheinung verläuft völlig unabhängig von der Entwicklung des Myzels (Abb. 10). Letztere kann durch die Spurenelemente im Wachstum stark stimuliert bzw. in keiner Weise behindert sein, und doch ist die Sklerotienbildung verzögert oder unterdrückt.

Neben Spurenelementen können noch andere Stoffe als Hemmstoffe für die Sklerotienbildung wirksam sein. Ein solcher muß im handelsüblichen Agar-Agar angenommen werden, wie Tab. 14 erkennen läßt. Auch Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen können schädigend wirken, sind aber in ihrer Intensität verschieden: Auf Bierwürzeagar-Nährböden, die vorher mit *Penicillium crustaceum* bewachsen waren, wurde von *Scl. fructigena* bei starker Hemmung des Myzelwachstums die Sklerotienbildung von etwa 15 Tagen nach der Übertragung der Kultur auf etwa 27 Tage verzögert. Auf Bierwürzenährböden, die vorher mit *Bac. subtilis* bewachsen waren, zeigte sich bei geringer Hinderung der Myzelentwicklung die Sklerotienbildung nicht gehemmt.

Tabelle 13: Durchschnittliche Sklerotienbildung nach Tagen nach Überimpfung in Nährböden nach Zugabe steigender Mengen an Spurenelementen:

Konz. %	Cu			Zn			B	Hg
	S. fructigena		*S. laxa*	*S. fructigena*		*S. laxa*	*S. fruct.*	*S. fruct.*
	Apfelbreiagar	Bierwürzeagar	Apfelbreiagar	Apfelbreiagar	Bierwürzeagar	Apfelbreiagar	Bierwürzeagar	Bierwürzeagar
dopp. dest. H_2O	14	19	30	10	16,5	36	16,5	16
Lt.- H_2O		22						
0,001								20
0,005							17,5	
0,007								29
0,01							keine	
0,02	keine	keine	30	keine	17.5	37		
0,06	keine	keine	42	keine		35		
0,08		keine						
0,1	keine	keine	55	keine	keine	24		

Tabelle 14: Erste Sklerotienbildung von *Scl. fructigena*-Kulturen nach Tagen nach Übertragung in Bierwürzeagar-Nährböden mit steigendem Agargehalt:

	4%	6%	9%
normaler Agar	25	35	keine
ausgefaulter Agar	13	12	13

D. Untersuchungen der Erreger auf dem Wirt

I. Allgemeines

Die Untersuchungen im ersten Teil dieser Arbeit haben ergeben, daß eine ganze Reihe von Faktoren in der Lage sind, die Entwicklung von *Scl. laxa* und *Scl. fructigena* in vitro stark zu beeinflussen. Dabei ist offenbar geworden, daß sich beide Pilze oftmals unterschiedlich verhalten. In vitro ist es möglich, die Umweltbedingungen einigermaßen konstant zu halten, um durch Variation eines oder einiger weniger zu untersuchender Faktoren ihre spezifische Wirkung festzustellen. Auf dem Wirt und im Freiland stehen die Erreger beständig in einer gewissen Wechselbeziehung mit vielen Faktoren und unterliegen darüber hinaus fortgesetzt mehr oder weniger großen Veränderungen. Die einzelnen einwirkenden Ursachen sind daher an ihrer Auswirkung schwieriger erkennbar. In Anlehnung an die Erkenntnisse, die durch die Versuche in vitro gewonnen wurden, wurden im zweiten Teil dieser Arbeit Versuche und Beobachtungen über strittige Erscheinungen der Moniliakrankheiten, also über das Zusammenwirken von Wirt und Erreger, angestellt, die Ergebnisse mit ersteren verglichen und kritisch diskutiert.

II. Verhalten während der Vegetationszeit und Überwinterung

1. Entwicklung von Fäulen und Sporenpusteln

Es ist bekannt, daß für die Verbreitung der Moniliakrankheiten während der Vegetationszeit die Konidien der beiden Erreger, *Scl. fructigena* und *Scl. laxa*, maßgeblich verantwortlich sind. Sie werden am Myzel, in Ketten, zumeist in Pusteln zusammengefaßt, abgeschnürt. Die Pusteln entstehen auf den befallenen Organen des Obstes, vornehmlich auf Blüten, Zweigen und Früchten. Auf letzteren, in ausgewachsenem Zustand, gleich ob Stein- oder Kernobst, ließ sich bei Optimaltemperaturen eine unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der stets verfärbten Faulflecke je nach den Erregern feststellen. Ebenso wie beim Verhalten in vitro zeigte auch hier *Scl. fructigena* eine größere Entwicklungsgeschwindigkeit, die genetisch bedingt ist. Der Zuwachs entsprach etwa dem auf Apfelbreiagar. Bei Lagerung infizierter Äpfel bei etwa 30° C kam die Fäule zum Stillstand. Infizierte Früchte, die unterhalb der Optimaltemperaturen aufbewahrt wurden, faulten langsamer weiter als bei diesen. Bei etwa 8° C breiteten sich die Faulflecke beider Erreger etwa gleich schnell aus; eine Pustelbildung auf den Früchten unterblieb aber bei *fructigena* fast gänzlich, während sie bei *laxa* noch deutlich auftrat. Auch diese Beobachtungen entsprechen völlig den in vitro (C II, 2) gemachten. Maßgebend ist hier wie dort allein die Tempe-

ratur. Dem entspricht auch, wenn Ewert (1912) und Wenzl (1948) im Freiland feststellten, daß die Entwicklung der Konidienpolster von *Scl. fructigena* im Herbst bereits frühzeitig zum Abschluß gelangt, während sie bei *Scl. laxa* bis Anfang / Ende November andauerte. Anders dagegen verhielt es sich mit der Pustelbildung, wenn sie unter verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit verfolgt wurde. Mit beiden Erregern infizierte Äpfel, die bei Zimmertemperatur einerseits unter etwa 50—70 %, andererseits unter 90—100 % rel. Luftfeuchtigkeit gelagert wurden, faulten völlig gleichmäßig, weil in den Interzellularen der Früchte keinerlei Verminderung der rel. Luftfeuchtigkeit anzunehmen ist, höchstens ein geringerer Turgor der Zellen. Zur normalen Bildung der Sporenpusteln kam es dagegen nur bei hoher Luftfeuchtigkeit; bei niedriger trat sie bei *Scl. fructigena* in normaler Stärke, bei *Scl. laxa* kaum ein. Diese Beobachtung deckt sich wiederum mit den Feststellungen in vitro, wo die Erreger dieselbe Empfindlichkeit der Luftfeuchtigkeit gegenüber gezeigt haben (C III, 2). Daraus kann gefolgert werden, daß es zu Blüten-, auch Fruchtinfektionen durch *Scl. laxa* bei relativ trockener Witterung kaum kommt, während anhaltend feuchtes Wetter sie sehr begünstigt, gleichgültig, ob es relativ warm oder kühl ist. Die selteneren Blüten- und häufigeren Fruchtinfektionen durch *Scl. fructigena* dagegen werden besonders bei relativ warmem Wetter eintreten, wobei die rel. Luftfeuchtigkeit von geringerer Bedeutung ist.

2. Unterschiedliches Verhalten der Konidien beider Moniliaarten

Wiederholt ist von verschiedenen Autoren (Ewert 1912, Wenzl 1948) berichtet worden, daß sich die Konidien von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* in ihrer Keimfähigkeit sehr verschieden verhielten. Während *fructigena*-Konidien von Ewert im Winter im Freiland bereits vor der Kälteeinwirkung als nicht mehr keimfähig festgestellt wurden, hatte er lebende *laxa*-Konidien noch nach der Überwinterung gefunden. Wenzl bestätigte diese Angaben: er fand eine verminderte Keimfähigkeit bei den *fructigena*-Konidien bereits von August ab, während er keimfähige *laxa*-Sporen bis in das Frühjahr hinein beobachtete. Bucksteeg (1940) hat keinen Unterschied im Verhalten der Sporen beider Moniliaarten gefunden; nach 10wöchiger Überwinterung im Freien waren sie in jedem Fall abgestorben.

Das unterschiedliche Verhalten der Konidien beider Moniliaarten ist bisher immer mit der größeren Frostempfindlichkeit der *fructigena*-Sporen erklärt worden (Istvanffy 1904, Sorauer 1928, Faes, Staehelin, Borny 1948), wie bereits erwähnt. Demgegenüber haben schon Ewert (1912) und neuerdings Wenzl (1948) darauf hingewiesen, daß sich die Unterschiede schon vor Auftritt des Frostes zeigten. Ewert hatte aus seinen Versuchen die verschiedene Überwinterung der Konidien als Eigentümlichkeit der sonst biologisch so nahestehenden Pilzarten gefolgert. Trotzdem beschäftigten sich in den nächsten Jahrzehnten immer wieder verschiedene Autoren mit der Möglichkeit äußerer Einflüsse.

In eigenen Untersuchungen keimten überwinterte *laxa*-Konidien aus Sporenpusteln auf einer trockenen, vom Baum abgenommenen Pfirsichmumie am 25. März in einer Biomalz-Wasseraufschwemmung noch zu 7—10 % aus, von einer trockenen Pflaumenmumie am 22. 3. noch zu etwa 26 %. Überwinterte *fructigena*-Konidien von am Baum verbliebenen Apfel- und Quittenmumien waren niemals mehr keimfähig. Im Mai auf Mumien frischgebildete Sporen keimten von *Scl. laxa* im Juli nach Lagerung auf Torfmull zu 45—80 %, von *Scl. fruc-*

tigena dagegen nicht mehr aus. In einem weiteren Versuch war die Keimfähigkeit der *fructigena*-Sporen bereits nach 9tägiger Lagerung von 69 % auf 10 % zurückgegangen.

Eine eindeutige Erklärung für das verschiedene Verhalten der Sporen beider Moniliaarten ist durch Heranziehung meiner in vitro gefundenen Ergebnisse möglich. Sie haben gezeigt, daß während der Vegetationszeit äußere Faktoren keine Unterschiede in der Keimfähigkeit der Sporen beider Arten bedingen können. Weder Temperatur noch rel. Luftfeuchtigkeit waren dazu in der Lage. Der Einfluß bestimmter Strahlenbereiche des Sonnenlichtes war tödlich; wenn überhaupt, dann kann eine unterschiedliche Reaktion beider Sporenarten aber nur sehr gering sein, da beide bereits nach wenigen Stunden tot waren. Dieser Effekt tritt zudem nur ein, wenn die Sporen von den Strahlen unmittelbar getroffen werden. In den Sporenpusteln kann das schwerlich für die Masse der Konidien zutreffen, höchstens für die außen gelegenen. Aus den Versuchen konnte jedoch gefolgert werden, daß das verschiedene Verhalten der Konidien beider Moniliaarten in ihrer Keimfähigkeit einzig durch innere Anlagen bedingt ist, die in einer sehr verschiedenen Lebensdauer zum Ausdruck kommen. Keinesfalls ist das verschiedene Verhalten der Sporen eine Frage der Überwinterungsbedingungen. Auf Grund der übereinstimmenden Freiland- und Laboratoriumsbeobachtungen läßt sich nunmehr über die epidemiologische Bedeutung der Lebensfähigkeit der Konidien eine klarere Vorstellung gewinnen: Während der Vegetationszeit mit relativ hohen Temperaturen ist die geringe Lebensfähigkeit der *fructigena*-Konidien nahezu bedeutungslos, weil sie durch gesteigerte Neuproduktion an dem schneller wachsenden Myzel kompensiert wird. Die Stärke des Sporenfluges ist mehr temperatur- als feuchtigkeitsbedingt, wenn auch 100 % relative Luftfeuchtigkeit für die Sporenproduktion am günstigsten ist. Erst zum Ende der Vegetation, mit dem Eintritt kühlerer Temperaturen, macht die Zahl der nicht mehr keimfähigen Sporen einen hohen Prozentsatz aus, weil bei relativ niedriger Temperatur das Myzel von *Scl. fructigena* nur noch wenig Sporen neu produziert. Obwohl sich bei niedrigen Temperaturen die Lebensfähigkeit der Sporen verlängert, so wird dadurch *Scl. frutigena* doch nicht die Überbrückung der langen Ruhezeit des Myzelwachstums bis zum Austrieb im Frühjahr ermöglicht, mögen sich die Sporen auch bei niedrigen Temperaturen bis in den Winter hinein z. T. lebend erhalten.

Die Sporen von *Scl. laxa* mit ihrer arteigenen langen Lebensdauer, auch bei Optimaltemperaturen, überdauern die Vegetationszeit bei ständiger Neuproduktion durch das Myzel mühelos. Die Stärke des Sporenfluges ist weniger temperatur-, sehr viel mehr feuchtigkeitsbedingt. Auch wenn das Myzel während gewisser Trockenperioden die Sporenproduktion einstellen sollte, ist wohl eine Abnahme der tatsächlichen Sporenmenge, aber kein wesentliches Absinken der Keimfähigkeit der vorhandenen Sporen zu erwarten. Am Ende der Vegetationszeit tritt infolge der sinkenden Temperaturen, z. T. auch infolge Mangels an infektionsmöglichem Material, ein Stillstand der Konidienproduktion ein, auf jeden Fall aber später als bei *Scl. fructigena*. Die lange Lebensdauer der Konidien, die möglicherweise durch relativ kühle Temperaturen noch verlängert wird, gestattet die Überbrückung einer monatelangen Ruheperiode des Myzels. Die Keimfähigkeit läßt zwar innerhalb dieser Periode fortlaufend nach, aber sie geht bis zur Bildung neuer Sporen nicht völlig verloren. Einschränkend wirkt während der Überwinterung der Frost. Sehr tiefe Temperaturen und lange Frostperioden verkürzen die Lebensfähigkeit der *laxa*-Sporen und vernichten die Keimfähigkeit eines mehr oder weniger großen Teiles. Dabei hat sich trokkene Kälte weniger, Kälte bei hoher Feuchtigkeit stärker schädigend aus-

gewirkt. Demnach können nach strengen Wintern auch von *Scl. laxa* keine lebenden Konidien mehr gefunden werden. Praktisch ist nach Wenzl ziemlich bedeutungslos, ob die *Scl. laxa*-Sporen lebend den Winter überdauern oder nicht, da ohnehin z. Z. der ersten Prädisposition der Wirtspflanzen neugebildete Sporen vorhanden sind.

3. Sklerotienbildung

Nicht erst am Ende der Vegetationszeit, sondern während der gesamten Entwicklung der Monilia kommt es zur Bildung der Sklerotien. Mit beiden Arten infizierte Früchte, die bei 20 und 12° C gelagert wurden, bildeten jeweils 5 Tage nach Erscheinen der Sporenpusteln unter diesen die Sklerotien aus. Bei 8° C fand die Sklerotienbildung nur noch auf Früchten statt, die mit *Scl. laxa,* nicht mehr bei solchen, die mit *Scl. fructigena* infiziert waren, weil hier auch die Pustelbildung aussetzte. Bei Lagerung infizierter Früchte bei 100 % und 55/65 % rel. Luftfeuchtigkeit bildeten sich bei *Scl. fructigena* die Sklerotien in beiden Fällen innerhalb derselben Zeitspanne nach Erscheinen der Pusteln aus, bei *Scl. laxa* dagegen nur bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit innerhalb derselben Zeitspanne, während sie bei 55/65 % mit fehlender Pustelbildung unterblieb. Wie in vitro zeigte sich die Sklerotienbildung nicht bedingt durch die rel. Luftfeuchtigkeit und Temperaturschwankungen innerhalb eines größeren Bereiches um die Optimalwerte, sondern hauptsächlich durch das relative Alter der Kulturen und außerdem in Abhängigkeit von der Pustelbildung. Die absoluten Zeiten stimmen allerdings nicht überein. Auf dem Wirt verlief die Sklerotienbildung bei beiden Moniliaarten wesentlich schneller, bei *Scl. laxa* auch zuverlässiger als in vitro. Eine Abhängigkeit vom Chemismus des Nährbodens war nicht erkennbar, vermutlich weil die Wirtsorgane sämtliche benötigten Stoffe enthalten. Zu prüfen wäre, ob die Behandlung der Wirtsorgane mit bestimmten Spurenelementen, die sich in vitro sehr stark auswirkten, einen Einfluß auf die Sklerotienbildung hat. Eine Unterbindung der Bildung dieser Organe, die die Massenüberwinterung gewährleisten, wäre von größter praktischer Bedeutung. An eine evtl. Möglichkeit eines vorerst theoretischen Erfolges ist um so mehr zu denken, als auf den Früchten eine Sklerotienbildung normalerweise nur an der Oberfläche unter den aus dem Gewebe durch die Epidermis hervorbrechenden Sporenpusteln vorkommt. Lediglich bei den sog. schwarzfaulen Früchten, die außer beim Apfel entgegen Kotte (1951) auch bei den Birnen vorkommen, auf denen die Pusteln fehlen, wurden die Sklerotien im Inneren verteilt festgestellt und damit die Beobachtungen von Woronin (1900) bestätigt.

4. Überwinterung des Myzels

Es ist bekannt, daß bei Fruchtinfektionen die Überwinterung der Pilze durch das Myzel normalerweise ohne Bedeutung ist. Auf Nährböden wurde zwar festgestellt, daß die Lebensfähigkeit des feuchten Substratmyzels über mehrere Monate währt und darüber hinaus das Myzel beider Moniliaarten teilweise starke und andauernde Fröste überstehen kann; Austrocknung gegenüber zeigte es sich aber sehr empfindlich. Die Masse der Früchte mumifiziert im Laufe der Zeit. Dieser Prozeß geht mit starkem Wasserverlust einher, den Yarwood (1948) an Aprikosen und Pflaumen, die mit *Scl. fructicola* und *Scl. laxa* geimpft waren, mit zunehmender Permeabilität der Wirtszellen der befallenen Früchte erklärt hat. Eine Möglichkeit der Überwinterung des Myzels wird allenfalls in schwarzfaulen Früchten bestehen, in denen eine gewisse Feuchtigkeit erhalten bleibt, sowie in den Zweigen. Wormald (1919) hat tatsächlich Myzel gefunden, das in befallenen Zweigen einen Winter überdauert hatte und im Frühjahr an den kranken Stellen Konidienpolster erzeugte. Auch Kotte (1951) ist dieser Mei-

nung. Bucksteeg (1940) dagegen berichtet, daß Zweiginfektionen von *Scl. cinerea (laxa)* und *Scl. fructigena* den Winter 1937/38 bei minimal —9° C anscheinend nicht überstanden hatten, da im Herbst positive Infektionen im Frühjahr 1938 zum Stillstand gekommen waren und keine weiteren Symptome mehr zeigten. Ich selbst konnte in einem Pfirsichzweig überwintertes Myzel von *Scl. laxa* nachweisen.

Anfang Mai 1951, kurz nach der Blüte, fand ich eine Zweigspitze mit einem kurzen Nebenzweig in einer Länge von ca. 12 cm abgestorben. Sie mußte noch aus dem Vorjahre stammen, weil die Neuinfektionen zu dieser Zeit höchstens bis in die allernächste Umgebung der Blüten vorgedrungen waren. Die Dürre der Zweigspitze breitete sich in der Folgezeit weiter aus und hatte am 16. Mai eine Länge von ca. 15 cm erreicht, Ende Oktober von ca. 35 cm bei einer Zweigdicke von etwa 4 mm. Die Bedeutung dieser Fähigkeit des Myzels beruht ebenso wie die der Sklerotien darin, daß auf diesem Wege die Krankheit sich im Frühjahr verbreiten kann. Darüber hinaus ist damit bewiesen, daß die Zweige nicht nur durch die frühen Blüteninfektionen, sondern auch durch späte Frucht- und Triebinfektionen stark beschädigt werden können, indem das Myzel zunächst nur zum Haften kommt und erst im nächsten Jahr bis in die stärker verholzten Teile vordringt.

III. Verhalten nach der Überwinterung und Infektion

1. Zeitlich verschiedene Konidienbildung der beiden Moniliaarten im Frühjahr

Wie bereits ausgeführt, kann die Überwinterung der Moniliapilze in gewissem Maße sowohl durch das Myzel als auch bei *Scl. laxa* durch die Konidien geschehen; im wesentlichen erfolgt sie jedoch mittels der Sklerotien.

Über das Verhalten der Sklerotien in vitro ist früher bereits ausführlich berichtet worden. Es kam nunmehr darauf an, die Sporenbildung im Frühjahr zu verfolgen und so den Anschluß an die Laboratoriumsuntersuchungen zu gewinnen. Bekanntlich setzt sie für die beiden Moniliaarten zu verschiedenen Zeiten ein. Wenzl (1948) bestätigte die Beobachtung von Ewert (1912), daß die Entwicklung von Konidienpolstern von *Scl. fructigena* im Frühjahr auf Mumien erst spät wieder beginnt, 1947 erst Ende Mai, während sie bei *Scl. laxa* schon früh, bereits vor der Marillenblüte, eintrat. Bucksteeg (1939) verfolgte in Obstanlagen bei Stade mittels eingefetteter Objektträger den Moniliasporengehalt und fand bei Steinobst einen starken Anstieg der Zahlen Anfang April, bei Kernobst erst Ende Mai.

In vitro habe ich unter der Einwirkung niedriger Temperaturen, durch Frosteinwirkung etwas verschoben, bei der Konidienbildung aus den Sklerotien heraus dasselbe gegensätzliche Verhalten beider Arten festgestellt (vgl. Tab. 4). Der Unterschied zeigte sich deutlich, wenn auch nicht so ausgeprägt, wie man es im Freiland beobachtet. Vermutlich wird er hier durch die natürlichen starken Schwankungen der Witterungsfaktoren verstärkt. Er beruht somit auf einer unterschiedlichen inneren Veranlagung, die einer gewissen Beeinflussung durch äußere Faktoren unterliegt.

Da der Temperatur- und Frostfaktor gebietsweise oft starken Schwankungen ausgesetzt ist, ergibt sich die Folgerung, daß auch der Beginn des Sporenfluges sich gebietsweise stark verschieben muß. Die nachstehende Zusammenstellung gibt die monatlichen Durchschnittstemperaturen zu Beginn der Vegetationszeit von Februar bis Mai einerseits für das Gebiet Stade/Hamburg, andererseits für die Kölner Bucht wieder (Klimakunde des Deutschen Reiches, Verlag Dietrich Reimer, Berlin 1939):

Stade/Hamburg	II.	III.	IV.	V.
mittlere Tagestemperatur	0,7	3,1	6,7	11,7° C
maximale Tagestemperatur	9,2	14,2	19,5	25,7° C
Kölner Bucht				
mittlere Tagestemperatur	2,7	5,5	9,0	14,1° C
maximale Tagestemperatur	12,0	17,0	21,0	27,9° C

Die durchweg höheren Temperaturen im Rheinland müßten dort einen früheren Beginn des Sporenfluges vor allem von *Scl. fructigena* erwarten lassen als im Stader Gebiet. Um die Richtigkeit nachzuprüfen, wurden vergleichend zu den Sporenfangversuchen aus der Luft von Bucksteeg (1939) bei Stade Versuche bei Bonn durchgeführt.

Zum Sporenfang dienten im Jahre 1950 eingefettete Objektträger, die jeweils zu mehreren in eine Stein- und eine Kernobstanlage in die Bäume eingehängt wurden. Diese sehr grobe Methode wird weitverbreitet angewandt. Die Ergebnisse waren stark beeinflußt durch die Windrichtung, da die Objektträger bilateral sind; außerdem war die Konsistenz der Vaseline durch die verschieden hohen Temperaturen sehr unterschiedlich und daher die Gefahr des Abspülens des Belages mit den gefangenen Sporen groß. Einigermaßen brauchbare Ergebnisse hätten sich nur finden lassen, wenn eine sehr große Anzahl von Objektträgern nach verschiedenen Richtungen hin starr angebracht worden wäre, die nach wenigen Tagen laufend hätte ausgewechselt werden müssen. Aus sehr vielen Ergebnissen hätte sich dann ein auswertbarer Mittelwert ergeben. Aus arbeitstechnischen Gründen wurde diese Methode aufgegeben und 1951 der Sporenflug auf eine andere Art überprüft.

Ich benutzte eine dem von Friedrich (1938) konstruierten Gerät ähnliche Apparatur, durch die, an einem Gummischlauch angeschlossen, mittels eines starken Ventilators Luft hindurchgesaugt wurde *) (Abb. 14 u. 14a).

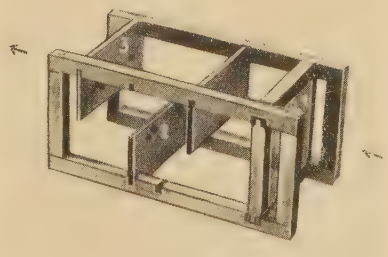


Abb. 14. Sporenfanggerät, Länge 49 cm, einschl. Ansaug- und Schlauchstutzen.
Abb. 14a. Einsatz des Sporenfanggerätes mit Anheftstellen für eingefettete Objektträger (1,2,3). Länge 29,9 cm.

*) Wesentliche Unterstützung bei der technischen Durchführung der Sporenfangversuche habe ich entgegenkommender Weise durch das Pflanzenschutzamt Bonn erhalten, wofür ich sehr zu Dank verpflichtet bin.

In dem Gerät wurden an mehreren festen Stellen eingefettete Objektträger angebracht, auf die die Luft beim Durchsaugen aufprallte. Ihre Anheftstellen wurden so gewählt, daß einmal der gesamte Luftstrom auftraf und auf zwei weitere nur Wirbel eines Teilstromes gelangten. Ein relativ starker Ansaugdruck sorgte dafür, daß feste Bestandteile der Luft oder auch Sporen auf die eingefetteten Objektträger abgeschleudert wurden. Bei tatsächlichem Vorkommen von Moniliasporen in der Luft mußten sich zumindest einige dort auffinden lassen. Es wurde unterstellt, daß aus einem ständig in derselben Zeiteinheit angesaugten bestimmten Luftvolumen immer ein bestimmter Prozentsatz Sporen auf den Objektträgern haftete. Objektträger 1 mußte dabei wesentlich mehr auffangen als 2 und 3. Nach mehrfacher Wiederholung des Ansaugens müßten die Zahlen der jeweils ausgezählten Sporen genügen, um auch einen Schluß auf die relative Höhe des Sporenfluges zuzulassen. Versuche mit gefärbtem Staub hatten gezeigt, daß eine wiederkehrende systematische Verteilung der angesaugten Bestandteile auf den Objektträgern gewährleistet war.

Der tatsächliche Sporenfang aus der Luft geschah in Abständen von einigen Tagen in einer geschlossenen Kernobstanlage (Apfelhochstämme) und in einer geschlossenen Steinobstanlage (Pfirsichhalbstämme). Beide Anlagen waren stark mit Monilia befallen. Als Zeitpunkt wurden jeweils die Mittagsstunden gewählt, weil dann die Bäume trocken waren und günstige Sporenflugbedingungen herrschten; nach Regen wurde das Abtrocknen abgewartet.

Das Gerät wurde mit einem Benzinmotor von 350 ccm betrieben, der mit einem Ventilator gekoppelt war. Es wurde immer auf gleichmäßige Tourenzahl gesehen, weil sich bei Veränderungen zwangsmäßig die Ansauggeschwindigkeit änderte. Ein Gummischlauch stellte die Verbindung zu dem Sauggerät her, in dem die eingefetteten Objektträger eingebaut waren. Das Sauggerät wurde dann für 5 Minuten in das Kronendach der Bäume eingehängt. In diesen 5 Minuten strömte nach Feststellung mittels Anemometer 10 cbm Luft in das Gerät ein. Auf den Objektträgern wurden die in dem Fettbelag gefangenen Bestandteile mikroskopisch untersucht und nach einem bestimmten System insgesamt jeweils 1 cm^2 nach Moniliasporen abgesucht. Um unter dem Mikroskop eine ebene Fläche zu erhalten, auf der die Sporen besser als auf dem unebenen Vaselinbelag zu erkennen waren, wurde ein Tropfen Glyzerin auf dem Fett verteilt und ein großes Deckgläschen aufgelegt. Vaseline und Glyzerin verbanden sich zu einer homogenen, durchsichtigen Schicht. Eine besondere Färbemethode, um die Moniliasporen aus anderen gefangenen Sporen hervorzuheben, wurde nicht gefunden; jedoch konnten sämtliche Sporen mittels Chlorzink-Jod, Jodjod-Kalium oder Methylenblau angefärbt werden, um sie von den anorganischen Bestandteilen leicht unterscheiden zu können. Aus anderen Sporen ließen sie sich mikroskopisch herausfinden und zählen. Die Annahme, daß auf dem Objektträger 1 zu viel Bestandteile sich fingen, so daß eine Auszählung nicht mehr möglich war, hat sich nicht bestätigt. Zur Auszählung wurde vielmehr stets dieser Objektträger benutzt, weil 2 und 3 bei dieser Luftmenge zu wenige Mikroorganismen festhielten.

Die Auszählungen zeigten, daß allgemein die Moniliasporen, auch z. Z. der starken Sporenproduktion, nur einen sehr geringen Anteil unter anderen Sporen (*Cladosporium, Podosphaera leucotricha, Clasterosporium carpophilum* usw.) ausmachen. Die absolute Moniliasporendichte auf den Objektträgern war immer sehr gering, so daß auf diesem Wege nicht sicher auf die schwankende Höhe des Sporenfluges, insbesondere in Abhängigkeit von dem Witterungsverlauf, geschlossen werden konnte. Das würde sicherlich gelingen, wenn die Ansaugzeiten verlängert und die Abstände zwischen den Kontrollen sehr verkürzt würden.

Auf jeden Fall reichten die gefundenen Werte aber aus, um den durchschnittlichen Beginn des Sporenfluges in Kern- und Steinobstanlagen zu ermitteln (vgl. Abb. 15). Wiederum zeigte sich, daß in Steinobstanlagen der Sporenflug der Monilia früher beginnt als in Kernobstanlagen.

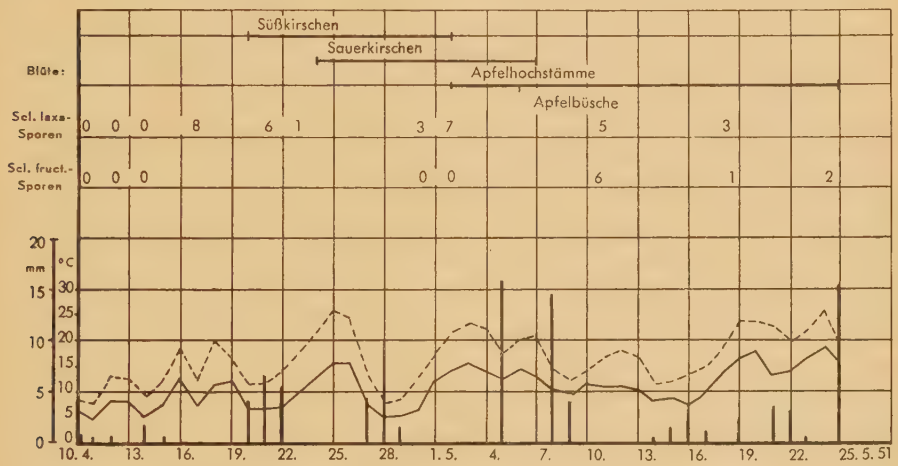


Abb. 15. Stärke des Sporenfluges in Steinobst- *(Scl. laxa)* und Kernobstanlagen *(Scl. fructigena)* vor und während der Blüte in der Luft. Tagesdurchschnitts-Temperatur (————), Maximaltemperatur(- - —), Niederschläge in mm.

In ersteren handelte es sich im wesentlichen um *Scl. laxa*, in letzteren um *Scl. fructigena*. Wie erwartet, lag bei diesen Untersuchungen im Rheinland der Beginn des Sporenfluges von *Scl. fructigena* wesentlich früher als bei den Beobachtungen in Stade. Die Differenz betrug etwa 16 Tage. *Scl. laxa* entsprach dem nicht, indem der Sporenflug nicht früher, eher etwas später begann. Sicherlich läßt sich diese Tatsache damit begründen, daß *Scl. laxa*, wie wir gesehen haben (Abb. 2), weniger auf schwankende Temperaturen reagiert als *Scl. fructigena*, besonders in den maßgeblichen niedrigen Bereichen, sondern stärker auf die Feuchtigkeit. 1939 förderten in Stade Niederschläge, die im März um 31 % und im April um 135 % über der normalen Höhe lagen (Klimakunde des Deutschen Reiches, Dietrich Reimer, Berlin 1939), die Sporenvermehrung von *Scl. laxa* stark (vgl. S. 203). Bei dem Sporenfang im Rheinland blieben die geringeren Niederschläge von 38 % im März und 32 % im April über Normal (Angaben der Meteorologischen Station, Bonn) ohne wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung des Pilzes.

2. Befallsresistenz oder Ausbreitungsresistenz bei Infektionen

Die ersten Möglichkeiten zur Infektion durch die Sporen von *Scl. laxa* und *Scl. fructigena* im Frühjahr bieten die Blüten. Bekanntlich leidet Steinobst stark unter Blütenbefall, der bei Kernobst viel seltener ist. Kotte (1948) hat letzteren besonders bei langandauernder Blüte beobachtet. Weiter ist bekannt, daß auf Steinobst hauptsächlich *Scl. laxa*, auf Kernobst *Scl. fructigena* vorkommt. Das hat dazu geführt, daß von einer spezialisierten Stein- bzw. Kernobstmonilia gesprochen wird.

Katser (1933) erschien eine Unterscheidung der beiden Arten nach ihrer Spezialisierung auf bestimmte Wirtspflanzen nicht möglich; sie seien zwar vorhanden, aber nicht eng genug. Gäumann ordnet allerdings noch 1951 den Arten *Scl. laxa* und *Scl. cinerea* innerhalb des Steinobstes Hauptwirte und weniger kongeniale Nebenwirte zu.

Die Spezialisierung der Moniliaarten als Ursache ihres vorwiegenden Vorkommens auf Stein- bzw. Kernobst zu betrachten gab man mehr und mehr auf, als an Steinobst Blüteninfektionen und Zweigdürre nach Infektionen nicht nur mit *Scl. laxa,* sondern auch mit *Scl. fructigena* erzielt wurden (Mittmann 1938, Mittmann u. Maier 1940).

Das Fehlen von *Scl. fructigena* auf Steinobstblüten erklärt Ewert (1912) aus dem Fehlen lebender Sporen z. Z. der Blüte, die sie an sich zu befallen vermögen. Dieser Auffassung hat sich auch Kotte (1948) angeschlossen, aber er geht weiter, indem er mit derselben Begründung auch das vorwiegende Fehlen von *Scl. fructigena* auf Kernobstblüten erklärt.

Meine Untersuchungen über den ersten Sporenflug im Frühjahr bestätigen die Richtigkeit der Ansicht Ewerts, wie aus Abb. 15 zu entnehmen ist. Während der Hauptblüte des Kernobstes dagegen fing ich sowohl *laxa*- als auch *fructigena*-Konidien, ebenso fand ich unzählige Sporenpusteln beider Arten, so daß der Annahme Kottes widersprochen werden muß. Der Sporenflug von *Scl. fructigena* kann sich, bedingt durch die Witterung, zwar verzögern, wie der Fang in Stade und Bonn gezeigt hat, aber dementsprechend verspätete sich auch die Blüte, so daß auch dann noch die Möglichkeit zur Infektion durch *fructigena*-Sporen gegeben sein müßte. Die Differenz im Beginn des Sporenfluges von *Scl. fructigena* wurde bei den vergleichenden Ermittlungen in Bonn und Stade mit etwa 16 Tagen festgestellt. Dementsprechend begann auch die Apfelblüte (Sorte Boskop) in Stade etwa 14 Tage später als in Bonn (Angaben der Meteorologischen Station Bonn).

Da man, wie oben ersichtlich, für das Fehlen von *Scl. fructigena* auf Steinobstblüten zwar eine Erklärung gefunden hat, aber die Ursache des überwiegenden Fehlens von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* auf Kernobstblüten nicht bekannt ist, wurden Blüteninfektionen mit beiden Moniliaarten an Kern- und Steinobst durchgeführt. Die Versuche wurden einmal im Freiland an blühenden Obstbäumen, zum anderen im Gewächshaus bei relativ hoher Luftfeuchtigkeit an abgeschnittenen, in Wasser stehenden, blühenden Zweigen vorgenommen. Der Zustand der Blüten bewegte sich zwischen Beginn des Aufblühens und voller Blüte, die Narben waren klebrig. Auf diese wurde eine wäßrige Sporensuspension von frisch gebildeten Konidien aufgebracht, deren Keimfähigkeit vorher geprüft war. Nach einiger Zeit konnten an den verfärbten, verfaulenden Griffeln, später an den Blütenböden und -stielen, die positiv verlaufenen Infektionen festgestellt und in ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit gemessen werden. Als Ergebnis zeigten sich drastische Unterschiede zwischen den Freiland- und den Gewächshausinfektionen, obwohl die Witterungsbedingungen auch für erstere günstig waren (Tab. 15). Sämtliche durchgeführten Infektionen gingen im Freiland wesentlich schlechter an. Eine Ausnahme bildeten die Sauerkirschen (Schattenmorellen), die im Freiland ebenso stark befallen wurden wie im Gewächshaus, aber im letzteren griff die Fäule schneller um sich. Die Ausbreitungsresistenz scheint also bei abgeschnittenen Zweigen stark vermindert zu werden. Auf solchen vermögen sowohl *laxa*- als auch *fructigena*-Konidien in gleichem Maße die Blüten der verschiedenen Obstarten zu befallen. Resistent gegenüber *Scl. fructigena* zeigten sich nur die Schattenmorellen. Bei

Pfirsichen konnten unter denselben Bedingungen keine Blüteninfektionen erzielt werden, obwohl diese in der Praxis eine große Bedeutung haben. Nach der Literatur ist allerdings schon öfters dieses widerspruchsvolle Ergebnis festgestellt worden (Estienne et Soenen 1947, Mittmann 1938), ohne daß die Ursache geklärt wäre.

Tabelle 15: Ergebnisse von Blüteninfektionen an Obst im Freiland und an abgeschnittenen Zweigen im Gewächshaus mit Konidiensuspensionen von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa.*
(Infizierte Blüten: kranke Blütenstiele; Ausmaß der Verfärbung der Blütenstiele nach Tagen nach der Infektion):

Freilandversuche an:

	Sauerkirschen Schattenmorellen		Süßkirschen		Äpfel Cox-Orange	Birnen		Keimfähigkeit der Konidien
		16 Tg.		17 Tg.			23 Tg.	
S. laxa	27 : 18	1/2	60 : 1	2/3	20 : 0 —	20 : 1	1/1	96,97 %
S. fruct.	19 : 0	—	65 : 0	—	25 : 1	25 : 0	—	88,97 %

Gewächshausversuche (bei 18—20° C und 70—90 % rel. Luftf.) an:

	Sauerkirschen Schattenmorellen			Süßkirschen			Pflaumen		Pfirsiche
		7 Tg.	10 Tg.		12 Tg.	21 Tg.		5 Tg.	—
S. laxa	20 : 18 11 : 9	1/6 1/2	1/1	40 : 23	1/2	1/1	22 : 22	1/2	10 : 0 —
S. fruct.	17 : 0	—	—	35 : 13	1/6		18 : 18	1/2	12 : 0 —

	Äpfel Cox-Orange		Birnen		Keimfähigkeit der Konidien
		11 Tg.		13 Tg.	
S. laxa	35 : 33	1/4 — 1/3	9 : 9	1/2	96, 97, 99, 94 %
S. fruct.	12 : 12	1/4 — 3/4	13 : 13	1/2 — 1/1	85, 97, 98, 74 %

Von besonderem Interesse sind die im Freiland gewonnenen Ergebnisse, da hier die Obstarten ihre volle Widerstandsfähigkeit besaßen. Von den infizierten Obstarten waren nur die Schattenmorellen gegen *Scl. laxa* anfällig, während Süßkirschen, Äpfel und Birnen eine sehr hohe Resistenz den Blüten-

infektionen gegenüber zeigten; Schmidt (1938) hat zwischen Sauer- und Süßkirschen dasselbe unterschiedliche Verhalten gefunden. Diese Resistenz richtete sich sowohl gegen die *laxa*-Sporen als auch gegen die *fructigena*-Sporen. Mittmann hat 1938 ähnliche Ergebnisse erhalten, zudem noch Unterschiede nach den verwendeten Moniliastämmen, ohne daß aber entschieden werden konnte, ob diese unterschiedlicher Aggressivität oder verschieden hoher Keimfähigkeit der Sporen zuzuschreiben waren.

Aus der Gegenüberstellung der Ermittlung über den Sporenflug und den Ergebnissen der Blüteninfektionsversuche läßt sich folgende Deutung des unterschiedlichen Erfolges der Blüteninfektionen in praxi ableiten: Steinobstblüten können nur von *Scl. laxa* befallen werden. Je nach Sorte und Steinobstart ist die Ausbreitungsresistenz gegenüber *Scl. laxa* verschieden hoch. Gegenüber *Scl. fructigena* besteht Befallsresistenz. Unterschiede in der Ausbreitungsresistenz sind deshalb hier bedeutungslos. Kernobstblüten besitzen zufolge ihres späteren Auftretens beiden Moniliaerregern gegenüber keine Befallsresistenz; dagegen ist ihre Ausbreitungsresistenz sowohl *Scl. fructigena* als auch *Scl. laxa* gegenüber mehr oder weniger gleichmäßig stark ausgeprägt. Durch unterschiedliche Aggressivität von Unterarten und physiologischen Rassen des Erregers und durch unterschiedliche Anfälligkeit der Obstsorten mögen sich Resistenzverschiebungen ergeben, wie sie Mittmann (1938) festgestellt hat, aber im allgemeinen konnte ich bei meinen Beobachtungen keine wesentlichen Abänderungen erkennen. Eine Ausnahme scheint das Auftreten des Erregers *Scl. laxa f. mali* in Landstrichen Nordbelgiens und Großbritanniens zu bilden, gegen den Apfelblüten kaum resistent sein sollen (Wormald 1927, Lapédagne 1946, Estienne et Soenen 1947).

Bei Fruchtinfektionen treten *Scl. fructigena* und *Scl. laxa* im wesentlichen als Wundparasiten auf. Obwohl man im Freiland *Scl. fructigena* überwiegend auf Kern-, *Scl. laxa* überwiegend auf Steinobstfrüchten antrifft, besteht doch keinerlei Spezialisierung bei Fruchtinfektionen (Killian 1921, Katser 1933). Eine stichhaltige Erklärung für dieses spezifische Vorkommen ist nicht bekannt. Nach Untersuchungen nach Katser (1933) besteht bei Früchten eine ausgesprochene Prädisposition im unreifen Zustand. Eigene Beobachtungen im Labor deuten ebenfalls auf eine geringere Ausbreitung der Fäule bei zunehmender Reife der Früchte hin. Bei Kernobstfrüchten waren, im Gegensatz zu Steinobstfrüchten, die Infektionsbedingungen auch in sehr jungem Zustand, etwa bei Haselnußgröße, ungünstig, besonders die für *Scl. laxa*. Im Hinblick darauf, daß Kernobstfrüchte im Freiland an sich mehr im ausgewachsenen Zustand befallen werden (vermehrtes Auftreten von Wunden), wie auch Katser erkannt hat, wurde der Beobachtung wenig praktischer Wert beigemessen.

Nach den Ergebnissen der Versuche in vitro, den Beobachtungen im Freiland und den allgemein bekannten Tatsachen läßt sich der starke spezifische Befall des Steinobstes mit *Scl. laxa* und des Kernobstes mit *Scl. fructigena* folgendermaßen erklären:

Eine Spezialisierung von *Scl. laxa* auf Steinobst insgesamt ist nicht gegeben, allenfalls in gewissem Maße auf Schattenmorellen-, Pfirsich- und Aprikosenblüten, die stark anfällig sind. Eine Spezialisierung von *Scl. fructigena* auf Kernobstblüten und Früchte ist ebenfalls in keiner Weise vorhanden. *Scl. laxa*-Sporen befallen deswegen Steinobstblüten, weil sie zur Zeit der Blüte vorhanden sind, *Scl. fructigena*-Sporen dagegen nicht. Durch den reichlichen Blütenbefall ist die Vermehrung des Erregers *(Scl. laxa)* durch die vielfältige Sporulation in den bestimmten anfälligen Steinobstbeständen stark. Es liegt nahe, daß Früchte

mit Wunden, die auf derartig geschädigten Bäumen oder in der Nähe vorkommen, besonders durch *Scl. laxa* befallen werden. Anders bei Kernobst; dort hat der Befall der Blüten durch Sporen beider Moniliaarten wenig Bedeutung, *Scl. laxa* bekommt keine Chance einer Massen-Vorentwicklung. Auf die Dauer erhält daher der Erreger die Oberhand, der auf Früchten am besten konkurrenzfähig ist. In einem großen Temperaturbereich zeigt *Scl. fructigena* die größere Entwicklungsintensität und sowohl in diesem Zusammenhang als auch im allgemeinen eine stärkere Sporulation. Ferner ist die Sporulation weniger durch schwankende rel. Luftfeuchtigkeiten eingeengt. *Scl. fructigena* findet sich aus diesen Gründen weit überwiegend auf Kernobst, besonders in reinen Beständen. Auf Mirabellen, Renekloden, Pflaumen und Zwetschen ist teilweise eine Blüteninfektion kaum vorhanden, die Früchte daher ebenfalls mehr mit *Scl. fructigena* befallen.

Die Begriffe „Steinobstmonilia" und „Kernobstmonilia" sind demnach nur mit Vorbehalt richtig; dem Wesen nach handelt es sich mehr um eine Früh- und eine Spätmonilia mit ihren sich daraus ergebenden Folgerungen.

Ob die Infektionen durch die Konidien oder durch Askosporen herbeigeführt werden, ändert an den Feststellungen nichts. Einmal treten die Askosporeninfektionen sehr selten auf (Wormald 1940), zum anderen wurde an im Freiland gezogenen Apothezien von *Scl. fructigena* die Reife ebenfalls erst spät, sogar erst am Ende der Kernobstblüte am 23. 5. 1951 festgestellt.

E. Zusammenfassung

I. Differentialdiagnostische Beobachtungen unter Berücksichtigung des Einflusses verschiedener isolierter Witterungsfaktoren und Faktoren chemischer Art in vitro zeigten eine Reihe charakteristischer Eigenschaften und artspezifischer Reaktionen der Organe von *Scl. fructigena* und *Scl. laxa*.

1. Als Temperaturminimum bzw. -maximum des Myzels von *Scl. fructigena* wurden 0 bis —1° C bzw. 30 bis 31° C festgestellt; für das Myzel von *Scl. laxa* liegen die Werte innerhalb dieser Grenzen etwas tiefer bzw. etwas höher. Über 30 bis 31° C starben die Kulturen ab. Die Wachstumsintensität zwischen etwa 5 bis 10° C und etwa 30° C ist bei *Scl. fructigena* weit größer als bei *Scl. laxa;* nur nach den beiderseitigen Grenzen hin ist sie geringer. Starker Frost von —8° bis —18° C hat nach 15 Tagen keine Kultur völlig abgetötet, sondern nur Teile von ihr. Mit abnehmender rel. Luftfeuchtigkeit nehmen Myzelentwicklung und Konidienbildung ab; bei *Scl. laxa* tritt die Depression schneller als bei *Scl. fructigena* ein. Eine zeitweilige Austrocknung übersteht dagegen *laxa*-Myzel gut, während *fructigena*-Myzel bereits nach wenigen Tagen abgestorben ist.

   Obwohl Cu und Zn in höheren Konzentrationen auf Myzel stark toxisch wirken, stimulieren sie das Wachstum in niedrigen Konzentrationen stark. Diese Stimulation ist tiefgreifender Natur, da sie über mehrere „Generationen" hin beibehalten wird. Hg und B zeigen sich auch in niedrigsten Konzentrationen toxisch. Die Toxizität von Cu, Zn, Hg und B wirkt sich auf *Scl. fructigena* stärker aus als auf *Scl. laxa*. In Nährböden können die Konzentrationen der Spurenelemente nicht absolut gewertet werden, weil je nach dem Puffersystem die Wirkung unterschiedlich inaktiviert wird.

2. Die Konidien werden durch Frost eines strengen Winters etwas in ihrer Keimfähigkeit geschädigt, Austrocknung vertragen sie dagegen gut. Beide

Faktoren werden überlagert durch die geringe Lebensfähigkeit der *fructigena*- und die relativ hohe der *laxa*-Konidien. Dem Sonnenlicht fallen nach 1¼ bis 2¾ Stunden die Konidien beider Moniliaarten zum Opfer, gegen Ultraviolett-Bestrahlung sind die Konidien von *Scl. fructigena* empfindlicher als diejenigen von *Scl. laxa*.

3. Sklerotien werden während der ganzen Vegetationszeit gebildet. Maßgebend ist ein genügendes Vorhandensein von Grundnährstoffen; außerdem haben Substanzen mikrochemischer Art in bestimmter Menge eine Bedeutung. Cu, Zn, Hg, B, höhere Prozentsätze an unausgefaultem Agar und Leitungswasser können je nach der Konzentration die Sklerotienbildung mehr oder weniger hemmen oder ganz verhindern. Sie zeigt sich überdies abhängig von den Moniliaarten und -stämmen, von dem relativen Alter der Kulturen, d. h. von der Überimpfung an gerechnet, und von der natürlichen Vorernährung, wird dagegen nicht vom absoluten Alter der Kulturen, von der rel. Luftfeuchtigkeit im möglichen Wachstumsbereich des Myzels, von der Temperatur innerhalb 12—29° C, von der Größe der Kulturen und der Menge des Nährbodens beeinflußt.

II. Aus diesen Ergebnissen in vitro und den gleichzeitig durchgeführten Freilandbeobachtungen über die Beziehungen zwischen Wirt und Erreger lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Der frühe Abschluß der Entwicklung der Konidienpolster von *Scl. fructigena*, der relativ späte von *Scl. laxa* im Herbst, ist temperaturbedingt.
2. Geringe Blüteninfektionen bei trockener Witterung, dagegen trotzdem relativ starke Fruchtinfektionen bei ähnlichen Verhältnissen, soweit es warm ist, liegen darin begründet, daß *Scl. laxa* stärker feuchtigkeitsbedingt, *Scl. fructigena* mehr temperaturbedingt sich entwickelt.
3. *Fructigena*-Konidien überwintern nicht und sind auch während der Vegetationszeit oft wenig keimfähig, während *laxa*-Konidien überwintern und auch während der Vegetationszeit stets eine hohe Keimfähigkeit besitzen. Dieser Unterschied ist allein in der kurzen Lebensfähigkeit der *fructigena*-Konidien und dem frühen Abschluß ihrer Entwicklung im Herbst begründet, keinesfalls in einer unterschiedlichen Frostempfindlichkeit.
4. Myzelüberwinterung in den Zweigen ist möglich und wurde bei *Scl. laxa* beobachtet.
5. Die relativ frühe Konidienbildung von *Scl. laxa*, die relativ späte von *Scl. fructigena* im Frühjahr ist temperaturbedingt; letztere ist gebietsweise je nach dem Temperaturfaktor variabler als erstere.
6. Bei den Blüteninfektionen von Stein- und Kernobst bestehen gegenüber *Scl. laxa* je nach der Obstart Unterschiede in der Ausbreitungsresistenz. Steinobstblüten zeigen gegenüber *Scl. fructigena* Befallsresistenz, Kernobstblüten Ausbreitungsresistenz.
7. Das überwiegende Vorkommen von *Scl. laxa* auf Steinobst, von *Scl. fructigena* auf Kernobst ist nicht durch Spezialisierung auf Stein- bzw. Kernobst bedingt, sondern durch die Möglichkeit von *Scl. laxa*, sich auf den Blüten einiger Steinobstarten stark zu vermehren und dann die umliegenden Früchte zu befallen. Obstarten, deren Blüten *Scl. laxa* keine Chance der Massenvorentwicklung bieten, werden während der Vegetationszeit von der schneller wachsenden und stärker sporulierenden *Scl. fructigena* besiedelt.

Literaturverzeichnis

1. Aderhold, R., u. Ruhland, W.: Zur Kenntnis der Obstbaum-Sklerotinien. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. 4, 1905, S. 427.

2. Ames, A.: The temperature relations of some fungi causing storage rots Phytopathology 5, 1915, S. 11.

3. Anonym: Plant diseases. Notes contribut. by Biol. Branch. Agric. Gaz. N. S. W. 1941, S. 463 (ref. Rev. Appl. Myc. 21, 1942, S. 122).

4. Anonym: Plant diseases. Notes contribut. by Biol. Branch. Agric. Gaz. N. S. W. 1943. S. 503 (ref. Rev. Appl. Myc. 23, 1944, S. 166).

5. Braun, H., — Riehm, E.: Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen 6. Verl. P. Parey, Bln. 1950.

6. Bucksteeg, W.: Untersuchungen über den Sporenflug bei Monilia. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 49, 1939, S. 252.

7. Bucksteeg, W.: Untersuchungen über die Wirkung von Kältegraden auf Keim- und Infektionsfähigkeit der Konidien von *Scl. cinerea* Schroet. und *Scl. fructigena* Schroet. Zeitschr. für Pflanzenkr. 50, 1940, Seite 507.

8. Calavan, E. C., a. Keitt, G. W.: Blossom and spur blight *(Scl. laxa)* of sour cherry. Phytopath. 38, 1948, S. 857.

9. Christoff, A.: The brown rot of fruit trees in Bulgaria. J. agric. Exp. Stas Bulg. 1938, S. 3 (ref. Rev. App. Myc. 18, 1939, S. 189).

10. Denham a. Wormhald, H.: The brown rot diseases of the apricot. J. R. hort. Soc. 1942 (ref. Rev. App. Myc. 21, 1942, S. 461).

11. Dimock, W.: Variation in a species of Fusarium induced by high concentr. of Zinc salts. Centr. f. Bakt. 95, 1936/37, S. 341.

12. English, H., a. Gerhard, F.: The effect of ultraviolet radiation on the viability of fungus spores and on the development of decay in sweet cherries Phytopath. 36, 1946, S. 100.

13. Eriksson, J.: Die Pilzkrankheiten II. Franckhsche Verlagsbuchh. Stuttg. 1928.

14. Estienne, V., et Soenen, A.: La moniliose des arbres fruitiers ànoyau. Fruit belge 14, 1946, S. 70 (ref. Rev. App. Myc. 26, 1947, 304.

15. Ewert, R.: Die Überwinterung von Sommerkonidien pathog. Askomyzeten und die Widerstandsfähigkeit ders. gegen Kälte. Zeitschr. f. Pflanzenk. 20, 1910, S. 129.

16. Ewert, R.: Versch. Überwinterung der Monilien des Kern- und Steinobstes und ihre biol. Bedeutung. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 22, 1912, S. 65.

17. Ezekiel, W. N.: Some factors affecting the production of apothecia of *Scl. cinerea*. Phytopath. 11, 1921, S. 495.

18. Faes, H., Staehelin, M., Borny, P.: Krankheiten und Schädlinge der Kulturpflanzen, Hallwag, Bern, 1948.

19. Friedrich, G.: Eine einfache Kontrolle des Fusikladiumsporenfluges. Die Gartenbauwissensch. 11, 1938, S. 457.

20. Füchtbauer, H.: Zur Strahlenresistenz pigment. Bakterien, Diss. math.-nat. Fak. Göttingen 1950.

21. Gäumann, E.: Die Pilze, Verlag Birkhäuser, Basel, 1949.

22. Gäumann, E.: Pflanzl. Infektionslehre, Verlag Birkhäuser, Basel 1951.

23. Golsworth, C., a. Green, L.: Effect of low concentrations of copper on germination and growth of conidia of *Scl. fructicola* and *Glomerella cingulata*. Journ. Agr. Res. 56, 1938, S. 489.

24. Harrison, T. H. Brown rot of fruits and associated diseases of decidonus fruit trees Journ. Roy. Soc. N. S. W. 1933, 132 (ref. Rev. Appl. Myc. 13, 1934, S. 33).

25. Istvànffy, G.: A Botrytis, Monilia ès Coniothyrium sporóinole èletképessègèröl. Math. termèsz. èrt. 21, 1903, S. 222 (ref. Zeitschr. f. Pflanz. 14, 1904, 301).

26. Janisch, E.: Über die Methoden zur Konstanthaltung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im biol. Laborat.-Versuch. Handb. d. biol. Arbeitsmeth. Abt. V. Teil 10, Heft 1, 1933, S. 87.

27. Katser, A.: Über die Resistenz versch. Apfelsorten geg. *Scl. fructigena* (Schroet.) und ihre Beziehung zur Wasserstoffkonzentr. Phytopath. Zeitschrift 6, 1933, S. 177.

28. Killian, K.: Über die Ursachen der Spezialisierung bei den Askomyzeten I. Die *Monilia cinerea* der Kirschen. Centr. f. Bakt. 53, 1921, S. 560.

29. Klaus, H.: Untersuch. über *Alternaria solani* Jones et Grout, insbes. über seine Pathogenität an Kartoffelknollen in Abhängigkeit von den Außenfaktoren. Phytopath. Zeitschr. 13, 1941, S. 126.

30. Kotte, W.: Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung. P. Parey, Berlin 1948.

31. Kotte, W.: Unser Wissen von der Moniliakrankheit der Obstbäume, Gesunde Pflanze, 1951, S. 165.

32. Lapédagne, H.: Les cognassiers disséminateurs de la moniliose. Rev. hort., Paris N. S. 30, 1946, S. 44 (R A. Myc. 1946, 304).

33. Lin, C. K.: Germination of the conidia of *Scl. fructicola*, with special reference to the toxicity of copper Mem. Cornell agr. Exp. Sta. 33, 1940, S. 233 (ref. Rev. A. Myc. 20, 1941, 414).

34. Martin. Wain, R. a. Wilkinson, E.: Studies upon the copper fungicides V. Ann. appl. Biol. 29, 1942, S. 412.

35. McCallan: Dorsage response curves of copp. sulfate on spore germinate inhib. of *Scl. fructicola* and *Alternaria Sol* Contr. boyce Thompson Inst. 15, 1948 (ref. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1951, S. 210).

36. Metz, O.: Über Wachstum und Farbstoffbildung einiger Pilze unter dem Einfluß von Eisen. Arch. f. Mikrob. 1, 1930, S. 197.

37. Mittmann, G.: Infektionsversuche an Obstbäumen mit Stämmen versch. Herkünfte von *Scl. cinerea* und *Scl. fructigena*. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 48, 1938, S. 232.

38. Mittmann, G.: — Maier Untersuchungen über die Moniliaresistenz von Sauerkirschen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 50, 1940, S. 84.

39. Molz, E.: Über die Bedingungen der Entstehung der durch *Scl. fructigena* erzeugten „Schwarzfäule" der Äpfel. Centr. Bakt. 17, 1907, S. 175.

40. Ono, N.: Über Wachstumsbeschleunigung an Algen und Pilzen durch chem. Reizmittel Centr. Bakt. 9, 1902, S. 154.

41. Peiris, J.: Thesis for the degree of Ph. D. in the University of London 1947 (zit. Hawker, L., Physiology of fungi, Univers. of London Press, London 1950, S. 137).

42. Pohl, M.: Die Schädigungen im Pflaumenanbau durch die Monilia. Obst- und Gemüsebau 1939, S. 95.

43. Richter, A.: Zur Frage chem. Reizmittel, Centr. Bakt. 7, 1901, S. 417.

44. Scharrer, K.: Biochemie der Spurenelemente, P. Parey, Bln. 1941.

45. Schmidt, M.: Infektionsversuche mit *Scl. cinerea* an Süß- und Sauerkirschen. Die Gartenbauwissenschaft 11, 1938, S. 167.

46. Sorauer, P.: Erkrankungsfälle durch Monilia. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 9, 1899, S. 225.

47. Sorauer, P.: Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Bd. II, 1. Teil, P. Parey, Bln. 1928.

48. Staehelin, M.: Zit. Station fédérale d'essais viticoles et arboricoles et de chimie agricole à Lausanne et à Pully. Rapport d'activité 1945. Annu. agr. Suisse 8, 1946, S. 74 (ref. Rev. A. Myc. 26, 1947, S. 185).

49. Stellwaag, F.: Kann man die Fruchtmonilia mit chem. Mitteln bekämpfen? Der Obstbau, 70. Jahrg. 8, 1951, S. 117.

50. Stille, B.: Untersuchungen über den Kältetod von Mikroorganismen. Arch. f. Mikr. 14, 1950, S. 554.

51. Swart, H., u. Rippel-Baldes, A.: Bakterizide Wirkung des Sonnenlichtes. Arch. f. Mikrob. 16, 1951, S. 358.

52. Thind, K. S., a. Keitt, G. W.: Studies on variability of *Scl. fructicola (Wint.) Rehm.* Phytopathology 39, 1949, S. 621.

53. Ullstrup, A. J.: Pathogenicity and Characters of *Gibberella saubintii*; Journ. Agr. Res. 51, 1935, S. 145.

54. Vasudewa, R. S., a. Roy, T. C.: The effect of associated soil mikroflora on *Fusarium utum* Batl. Ann. of Appl. Biol. 37, 1950, S. 167 (ref. Rev. Appl. Myc. 29, 1950, S. 624).

55. Walker, J. Ch.: Plant Pathology, McGraw-Hill Book Comp., Inc. 1950.

56. Weaver, L. O.: Effect of temperature and relative humidity on occurrence of blossom blight of stone fruit. Abst. Thes. Corn. Univ. 1944 S. 351 (ref. Rev. Appl. Myc. 26, 1947, S. 305).

57. Wenzl, H.: Zur Systematik der europäischen Obstbaum-Sklerotinien. Sydowia Ann. Mycol. 2, 1948, S. 244.

58. Wilson, E. E.: Sodium pentachlorophenate and other materials as eradicative fungicides against *Scl. laxa.* Phytopath. 40, 1950, S. 567.

59. Wormald, H.: The brown rot diseases of fruit trees with special reference to the biological forms of *Scl. cinerea.* Ann. of Bot. 33, 1919, S. 361; 34, 1920, S. 143.

60. Wormald, H.: Further studies of the brown rot fungi. Ann. of Bot. 162, 1927, S. 287 (ref. Rev. App. Myc. 6, 1927, S. 619).

61. Wormald, H.: Host plants of the brown rot fungi of Britain. Trans. Brit. myc. Soc. 24, 1, 1940, S. 20 (ref. Rev. A. M. 1940, S. 602).

62. Wormald, H.: A black apple rot caused by *Monilia cinerea.* Rep. E. Mall. Res. Sta. 1944, 1945, S. 75 (ref. Rev. A. M. 1946, S. 123).

63. Woronin, M.: Über *Scl. cinerea* und *Scl. fructigena.* Mém. Acad. Imp. St. Pétersb. 8, 1900.

64. Yarwood, C. E.: Water loss from fungus cultures. Amer. J. Bot. 34, 1947, S. 514 (ref. R. A. M. 27, 1948, S. 148).

Institut für Jagdkunde der Forstl. Fakultät der Univ. Göttingen in Hann.-Münden.

Die Wirkung von „Castrix"-Giftkörnern auf Wild

Von Dr. Walter Rieck

Den Jäger erfüllt die zunehmende Verwendung von Giften bei der Bekämpfung landwirtschaftlicher Schädlinge mit Besorgnis, weil er dadurch eine Vergiftung des Wildes befürchtet. Er legt deshalb großen Wert darauf, daß nur spezifisch auf den Schädling wirkende Gifte zur Anwendung kommen oder daß die Ausbringung von Gift in einer Art erfolgt, die dem Wilde eine Aufnahme unmöglich macht. Je näher eine Bekämpfungsmethode diesen Forderungen kommt, desto mehr wird sie vom Betreuer eines Jagdreviers anderen Methoden vorgezogen; er wird sich stets für die dem Wilde am wenigsten abträgliche Bekämpfungsart einsetzen.

Zur Bekämpfung von Feldmäusen ist das Auslegen von Giftgetreide üblich, das durch auffällig rote dauerhafte Färbung kenntlich gemacht werden muß. Die Auslegung darf nur in die Baue der Mäuse (z. B. mittels Legeflinte) oder so verdeckt (z. B. in Röhren) erfolgen, daß andere Tiere nicht daran gelangen

können (Ausführungsverordnung zu § 35 Reichsjagdgesetz). Durch die Beachtung dieser Bestimmungen soll die Vergiftung von Wild verhindert werden. In der Praxis wird leider allzuoft die erforderliche Sorgfalt beim Auslegen von Giftgetreide außer Acht gelassen, auch werden durch die Wühltätigkeit der Mäuse Giftkörner an die Erdoberfläche gebracht, so daß dem Wilde Aufnahmemöglichkeiten gegeben sind und immer wieder Vergiftungsfälle vorkommen. Der Jäger kann deshalb die Forderung nach einem spezifisch wirkenden Mäusegift nicht fallen lassen.

Durch Fütterungsversuche ist bereits von verschiedenen Untersuchern ermittelt worden, daß zinkphosphid- und thalliumhaltiges Giftgetreide in kleiner Dosis, Strychnin-Weizen in größerer Dosis für Fasanen tödlich ist. Von mir selbst vor dem letzten Kriege durchgeführte Fütterungsversuche mit „Castrix"-Körnern zeigten bei Fasanen und Rebhühnern dagegen günstige Ergebnisse. Da die Aufzeichnungen über diese Versuche durch Kriegseinwirkung verlorengegangen sind, wurden jetzt erneut Versuchsfütterungen durchgeführt.

Offen liegendes Giftgetreide kann besonders Hühnervögel durch unmittelbare Aufnahme gefährden. Daher wurden in einer Versuchsreihe „Castrix"-Körner an Rebhuhn und Fasan verfüttert.

Durch mittelbare Aufnahme von Gift über vergiftete Mäuse sind alle Kleinsäugerfresser unter dem Haarraubwild und dem Federraubwild gefährdet. Es wurden daher Fütterungsversuche an Fuchs und Mäusebussard als Vertreter dieser beiden Gruppen durchgeführt.

Zu den Versuchen wurden „Castrix"-Körner aus einem Blechkanister mit der Fertigungsnummer T 34 298 benutzt. Die tödliche Dosis für ausgewachsene weiße Mäuse betrug 1—5 Körner.

Unmittelbare Aufnahme von „Castrix"-Gift

Die Versuche wurden in einer überdachten Voliere durchgeführt, in der ein Naßwerden der Giftkörner und ein Abwaschen der roten Warnfarbe nicht möglich war. Trinkwasser stand stets zur Verfügung.

Fütterungsversuche beim Rebhuhn. Es wurden zunächst einem Rebhuhn 200 „Castrix"-Körner und 200 Weizenkörner getrennt angeboten; am nächsten Tage waren die Weizenkörner gefressen, sämtliche „Castrix"-Körner waren noch vorhanden. Darauf wurde eine Mischung von 200 „Castrix"- und 200 Weizenkörnern vorgesetzt, nach 12 Stunden waren alle Weizenkörner verschwunden, von den „Castrix"-Körnern fehlte nicht eines. Es fand also eine erstaunlich genaue Auswahl statt, bei der die Giftkörner abgelehnt wurden.

Um die Aufnahme von „Castrix"-Körnern zu erzwingen, wurde in den folgenden fünf Tagen kein anderes Futter geboten. In dieser Zeit wurden im ganzen 2000 „Castrix"-Körner gefressen, im Durchschnitt also täglich 400 Körner. Nach eintägiger Normalfütterung, in der 1000 Weizenkörner gefressen wurden, folgten wiederum acht Tage reiner „Castrix"-Fütterung. Während dieser Zeit wurden 2700 Giftkörner aufgenommen, also im Tagesdurchschnitt 338. Im ganzen hat das Rebhuhn in zwei Wochen 4700 „Castrix"-Körner gefressen und hat mit Ausnahme einer Tagesfütterung ausschließlich davon gelebt, ohne Schaden zu nehmen. Es wurden dabei während sechs Stunden Höchstmengen von 240, 285, 290 und 308 Giftkörnern aufgenommen. Während 24 Stunden betrugen die Höchstaufnahmen 497, 500, 540 und 550 „Castrix"-Körner. Eine Vergiftung war nicht eingetreten.

Fütterungsversuche beim Fasan. Einem Fasan wurden während 12 Tagen „Castrix"-Körner und Weizen gleichzeitig angeboten. Es wurden regelmäßig zuerst die Weizenkörner und erst später bei Hunger die „Castrix"-Körner gefressen. Eine Änderung im Verhalten gegenüber dem Futter trat während der ganzen Versuchsdauer nicht ein. Es wurden in dieser Zeit 2700 „Castrix"-Körner und 3700 Weizenkörner aufgenommen.

Ein anderer Fasan wurde während sechs Tagen ausschließlich mit „Castrix"-Körnern ernährt; die Menge betrug 3600 Körner, also täglich im Durchschnitt 600. Die Höchstaufnahme während sechs Stunden war 400 Körner, während 24 Stunden 800 Körner. Eine Vergiftung trat nicht ein.

Vergleichsversuche mit thalliumhaltigen Körnern. Einem Rebhuhn wurden 50 „Zelio"-Körner neben normalem Weizen angeboten; nach 24 Stunden waren die Giftkörner nicht angenommen. Darauf wurde das unbegiftete Futter entfernt. Nach weiteren 12 Stunden waren 34 „Zelio"-Körner, nach 18 Stunden im ganzen 48 „Zelio"-Körner aufgenommen worden. 24 Stunden nach Beginn der Giftannahme war das Rebhuhn verendet.

Einem Fasan wurden 50 „Zelio"-Körner ohne anderes Futter angeboten; die Annahme wurde in den ersten 24 Stunden verweigert, nach 30 Stunden waren alle Giftkörner gefressen. Erneut angebotene „Zelio"-Körner wurden nicht genommen. Nach weiteren 30 Stunden war der Fasan verendet.

Diese Versuche zeigen, daß die thalliumhaltigen Körner in bezug auf die Ungefährlichkeit für Wildgeflügel den „Castrix"-Körnern bei weitem unterlegen sind.

Die Bedeutung der Warnfärbung des Giftgetreides. Die anfängliche Ablehnung und die nur durch Hunger erzwungene Aufnahme des Giftgetreides durch Rebhuhn und Fasan gab Veranlassung zur Prüfung der Frage, ob die rote Farbe allein hierfür der Anlaß ist. Zu diesem Zweck wurden verschieden gefärbte unbegiftete Weizenkörner gleichzeitig mit normalem Weizen gemischt verfüttert.

1. Gemisch von 100 naphtal-rot gefärbten und 100 normalen Weizenkörnern: Nach sechs Stunden nur noch sämtliche roten Körner vorhanden.
2. Gemisch von 100 naphtal-rot, 100 astra-blau gefärbten und 100 normalen Weizenkörnern: Nach 12 Stunden waren nur noch der rot und blau gefärbte Weizen vorhanden, auch nach 18 Stunden war keine Veränderung eingetreten.
3. Gemisch von 100 leuchtend gelb gefärbten und 100 normalen Weizenkörnern: Nach sechs Stunden war nur noch der gelb gefärbte Weizen vorhanden, nach 12 Stunden war auch dieser gefressen.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Farbe für die Ablehnung der Weizenkörner verantwortlich ist. Die zur Verhütung von Verwechslungen vorgeschriebene Rotfärbung des Giftgetreides hat demnach noch die erfreuliche Nebenwirkung, die Aufnahme durch Geflügel weitgehend zu verhindern. Es sollte deshalb besonderer Wert auf die Regenbeständigkeit der roten Farbe gelegt werden, weil sie einen zusätzlichen Schutz gegen Vergiftungen der Hühnervögel darstellt. Dieser Forderung entsprechen die „Castrix"-Körner nicht, ihre rote Farbe ist leicht abwaschbar, daher erfüllen die „Castrix"-Körner auch nicht die Bedingungen des § 35 A. V. z. RJG., die eine dauerhafte Färbung verlangen. Wenn auch die Ungefährlichkeit gegenüber Rebhuhn und Fasan nachgewiesen ist, so sollte trotzdem auf diese zusätzliche Sicherung nicht verzichtet werden, zumal sie ohne Mehrarbeit und Mehrkosten zu erreichen sein dürfte.

Mittelbare Aufnahme von „Castrix"-Gift

Die Prüfung erfolgte durch Verfütterung von ausgewachsenen weißen Mäusen, die mit „Castrix"-Körnern vergiftet worden waren. Die Mäuse konnten unbeschränkt Giftweizen fressen, anderes Futter stand ihnen nicht zur Verfügung. Den Versuchstieren Fuchs und Mäusebussard wurden die vergifteten Mäuse möglichst bald nach dem Verenden angeboten, das im einzelnen unterschiedlich spätestens einige Stunden nach Fütterungsbeginn erfolgt war. Während 14 Tagen wurden ausschließlich Fütterung mit vergifteten Mäusen durchgeführt.

Fütterungsversuche beim Fuchs. Es wurden im ganzen 90 Mäuse gefressen, im Durchschnitt täglich 6½ Mäuse. Das Angebot entsprach dem Nahrungsbedarf, die an einem Tage gefressene Höchstmenge waren zehn Mäuse. Eine Vergiftung trat nicht ein.

Fütterungsversuche beim Mäusebussard. Es wurden im ganzen 50 Mäuse gefressen, im Durchschnitt täglich 3½ Mäuse. Ein höherer Nahrungsbedarf bestand nicht. Die erreichte Tageshöchstmenge waren sieben Mäuse. Eine Vergiftung trat nicht ein.

Folgerungen für den Jäger

Durch unmittelbare Aufnahme von „Castrix"-Giftweizen werden wildlebende Hühnervögel nicht vergiftet. Da für alle anderen bisher bei der Mäusebekämpfung in Gebrauch befindlichen Giftgetreidesorten diese Aussage nicht gemacht werden kann, liegt es im Interesse der Hege unserer bedeutungsvollsten Wildgeflügelarten, bei Mäusebekämpfungsaktionen ausschließlich „Castrix"-Körner zu verwenden und die Benutzung anderer Präparate zu unterbinden.

Haarraubwild und Federraubwild wird durch die Aufnahme castrixvergifteter Mäuse nicht geschädigt.

Die Wirkung des „Castrix"-Giftes auf Haarnutzwild ist durch Fütterungsversuche noch nicht geklärt worden; es kann daher nicht angegeben werden, ob es für diese Wildgruppe ungefährlicher ist als andere Giftgetreidesorten.

Berichtigung

In dem Artikel Dr. Gerhard Schrader **„Die Entwicklung neuer Insektizide auf Grundlage organischer Fluor- und Phosphorverbindungen"** in Heft 2/1952 der Höfchen-Briefe, Seite 46, oben, sind in den Formeln (4) und (5) Druckfehler enthalten. Nachstehend wiederholen wir die berichtigten Formeln:

(4) $CH_2(OCH_2 \cdot CH_2 - F)_2$ Kp. 11 mm 43°

(5) $CH_2(O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot F)_2$ Kp. 3/120°